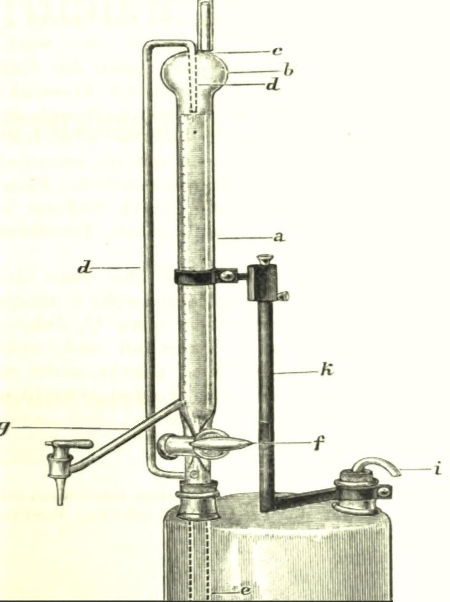


Mitteilungen aus der Landesanstalt für Wasser- Boden- und ...

Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene zu Berlin-Dahlem, Berlin (Germany) Landesanstalt für Wasser- ...

Digitized by Google

ARTES VERITAS SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

T
2
.F

Prussia. K. Landesanstalt für Wasser-
hygiene.

Mittheilungen

aus der

Königlichen Prüfungsanstalt

für

Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung

zu Berlin.

Herausgegeben

von

Dr. A. Schmidtmann,
Geh. Ober-Med.- u. vortr. Rath im Königl. Preuss. Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten,
Anstaltsleiter,

und

Dr. Carl Günther,
a. o. Professor der Hygiene an der Universität,
Anstaltsvorsteher.

Heft 1.

BERLIN, 1902.
VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD
NW. UNTER DEN LINDEN 68.

Digitized by Google

a.

Digitized by Google

Seiner Excellenz

dem Königlichen Staatsminister

und

Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten

Herrn Dr. Studt

ehrerbietigst zugeeignet.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichniss.

		Seite
	Vorwort. Von Geh. Ober-Medicinalrath Dr. Schmidtmann und Professor Dr. Carl Günther	1
1.	Grundsätze für die biologische Beurtheilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Von Privatdocent Dr. R. Kolkwitz und Dr. M. Marsson	33
2.	Beitrag zur Kenntniss der Reinigungseffecte in den Filtern beim biologischen Abwässerreinigungsverfahren. Von Privatdocent Dr. O. Emmerling	73
3.	Untersuchung über die Bestandtheile der Schwimmschicht und ihr Entstehen auf den Abwässern in den Faulbassins biologischer Anlagen. Von Privatdocent Dr. O. Emmerling	81
4.	Beitrag zur Kenntniss des sog. biologischen Verfahrens, insbesondere die bei der Herstellung und dem Betriebe biologischer Abwässerreinigungsanlagen zu beachtenden allgemeinen Gesichtspunkte. Von Dr. K. Thumm	86
5.	Zur Frage der Müllbeseitigung mit specieller Berücksichtigung der landwirthschaftlichen Verwerthung. Von Dr. Hans Thiesing	118
6.	Ueber die Verarbeitung der Rückstände aus der Schmutzwasser-Reinigungsanlage der Stadt Cassel. Von Stadtbaurath Höpfner (Cassel) und Dr. Paulmann (Cassel)	146
7.	Bürette mit automatischer Einstellung des Nullpunktes und Entleerung durch directes Zurückfliessen der nicht verbrauchten Titerflüssigkeit. Von Dr. C. Zahn	164

240830

Digitized by Google

Vorwort.

Am 1. April 1901 ist die Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, für deren versuchsweise Einrichtung der preussische Staatshaushaltetat für 1901 die Mittel bereit stellte,[1]) in Thätigkeit getreten.

Die Anstalt hat seitdem getreu den Zielen, welche ihr durch die Veranlassung zu ihrer Gründung und durch ihre Organisation gesteckt waren, auf dem ihr zugewiesenen Gebiete gearbeitet und es sich neben der Erledigung der ihr gewordenen Aufträge angelegen sein lassen, die hierbei auftauchenden wissenschaftlich zweifelhaften Fragen durch ihre Untersuchungen und, soweit erforderlich und möglich, im Wege des Versuches klarzustellen, die für Praxis und Wissenschaft wichtigen Ergebnisse festzulegen und das Wissen auf dem complicirten Gebiete der Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung planmässig auszugestalten. Der Zweckbestimmung der Anstalt entspricht es, derartige Ergebnisse und Funde von Bedeutung zum Allgemeingut der interessirten Kreise zu machen, eine förderliche Erörterung zweifelhafter Fragen anzuregen und auch auf diesem Wege die Vertiefung und Verallgemeinerung unseres Wissens herbeizuführen. Aus diesem Gesichtspunkte erwächst der Anstalt als der Landescentralstelle für Wasserversorgungs- und Abwässerangelegenheiten die Pflicht, Mittheilungen aus ihrem Arbeitsgebiet zu machen; sie will mit diesen Veröffentlichungen zugleich Zeugniss von ihrer Thätigkeit vor der Oeffentlichkeit ablegen und sich selbst den erzieherischen Einfluss der

---

1) Vergl. Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen. Supplement 1901. Vorwort von Dr. Schmidtmann.

Digitized by Google

öffentlichen Besprechung, sei es in der Fachliteratur oder sei es im persönlichen Austausch mit sachkundigen Personen sichern.

Bezüglich der Form der Veröffentlichungen haben Erwägungen darüber stattgefunden, ob dieselben in selbstständigen Heften gegeben oder im Anschluss an bestehende Zeitschriften stattfinden sollten. Es lag in letzterer Hinsicht besonders nahe, die Ergänzungs-Hefte der Vierteljahrsschrift f. gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen zu diesem Zwecke zu benutzen, da sie in den letzten Jahren in systematischer Folge eine Zusammenstellung wichtiger Originalarbeiten aus dem Gebiete der Städtereinigung gebracht haben, welche in den betheiligten Kreisen eine ungemein grosse Verbreitung und Anerkennung gefunden haben. Wenn die Ueberlegung, dass der literarische Markt eine Fülle guter Fachzeitschriften aufweist und kaum noch Raum für eine neue Zeitschrift zu bieten scheint, dafür sprach, den vorgezeichneten Weg der Veröffentlichung in der Vierteljahrsschrift f. gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen zu wählen, so konnte anderseits doch nicht ausser Acht gelassen werden, dass das seitherige Kleid sich gegenüber der wachsenden Bedeutung der Sache als zu eng erweist und dass den hier zu pflegenden wichtigen Interessen besser gedient werde, wenn die Veröffentlichungen unabhängig von den Rücksichten auf eine schon bestehende Zeitschrift gestaltet werden. Solche sachlichen Gründe haben dazu geführt, für die Veröffentlichungen der Landesanstalt das alte Gewand abzulegen und ein eigenes zu wählen. Wenn so die äussere Form gewandelt ist, so soll damit nicht zugleich auch eine Wandlung des Geistes ausgedrückt sein; vielmehr wird das, was der Herausgeber der Supplementhefte der vorbezeichneten Vierteljahrsschrift als nützlich und zweckdienlich erkannt hat, bei der Redaction der neuen Fachschrift: „Mittheilungen aus der Königlich Preussischen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung" beachtet, angewandt und den veränderten Verhältnissen entsprechend in zielbewusster Weise voraussichtlich in rascherer, besserer Weise entfaltet werden.

Die Hefte werden in zwangloser Folge erscheinen. Die Bindung an eine bestimmte Zeit birgt leicht die Gefahr in sich, dass zur Füllung Material um jeden Preis beschafft sein muss, und dass unter solchem Zwange auch nicht ganz Vollwerthiges oder Entbehrliches veröffentlicht wird. Unter diesen Druck soll die neue Fachschrift nicht gestellt werden. Sie soll vielmehr unter dem Stern der vollen zeitlichen Ungebundenheit ihren Lesern zur richtigen Zeit das Richtige

Digitized by Google

bringen. Ihre Aufsätze sollen thatsächliches Material bieten, auf dem Erkenntniss und neue Gesichtspunkte sicher fussen können; ihre Veröffentlichungen sollen frei bleiben von der Tendenz, mit packenden, voreiligen Schlüssen die Oeffentlichkeit zu beschäftigen und bei der auf diesen schwierigen Gebieten nicht zum Urtheil berufenen und noch viel weniger befähigten grossen Masse einen Beifall zu erringen, der, kaum errungen, des öfteren von dem Fachmann bereits als entschwindend erkannt wird. Wo es im Gange einer wissenschaftlichen Besprechung unvermeidlich ist, Schlüsse zu ziehen, die weitere Forschung und die zukünftige Entwickelung darzulegen, soll eine weise Mässigung gewahrt werden, bei der die Wege zu einer nutzbringenden Verfolgung einer wissenschaftlichen Annahme geebnet, aber nicht verbaut werden, die wissenschaftliche Forschung gefördert und nicht irregeleitet wird.

In diesem Sinne soll in der neuen Zeitschrift sowohl den Arbeiten der Anstaltsmitglieder eine passende Stätte für die Veröffentlichung geboten werden, als auch einschlägigen Arbeiten anderer Autoren, und zwar in erster Linie solchen, welche unter Mitwirkung der Anstalt entstanden sind. Die Anstalt wird gegebenen Falls ihre eigenen Gutachten hierfür zur Benutzung überlassen, erbetene Auskunft über etwaige anzustellende Versuche und Untersuchungen auf Grund der ihr zu Gebote stehenden Literatur und des von Jahr zu Jahr ihr zufliessenden und naturgemäss sich steigernden thatsächlichen Materials ertheilen und auch auf diesem Wege anstreben, die Wechselbeziehungen zwischen ihr und den im Dienst der Communen und Industrien stehenden Fachmännern der Praxis lebendig und nützlich zu gestalten. Weiterhin wird Raum auch anderen selbständigen Arbeiten gewährt werden können, welche wichtige Erfahrungen, Beobachtungen, Versuche und Untersuchungen sowie deren Ergebnisse aus dem Geschäftsgebiete der Anstalt bringen und sich damit ein Anrecht erwerben, von den Lesern der Fachschrift gekannt zu werden.

Auch darin soll der Brauch in Anlehnung an die seitherigen Veröffentlichungen in den Supplementen der Vierteljahrsschrift f. gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen beibehalten werden, dass von Zeit zu Zeit ein zusammenfassender Ueberblick über die Entwickelung auf dem Gebiete der Wasserversorgung, der Beseitigung der festen und flüssigen Abfallstoffe, der wichtigeren Vorkommnisse sowie über die allgemeine Richtung, in der sich die Bestrebungen der Aufsichtsbehörde und der Privatkreise bewegen, geboten wird.

Bei diesem Vorwort, mit welchem das erste Heft der Oeffentlichkeit übergeben wird, ist es verständlich, wenn wir hierbei der Besprechung über die neugegründete Anstalt vorzugsweise Raum gewähren und unsern Lesern eine kurze Darstellung von der Gründung und Entwickelung der Anstalt während des ersten Jahres ihres Bestehens geben.

Die Berechtigung, man kann wohl sagen, die Nothwendigkeit der Anstaltsgründung ergab sich aus den allgemeinen Verhältnissen.

Die Unvollkommenheiten und Mängel, welche auf den Gebieten der Wasserversorgung und Beseitigung der flüssigen und festen Abfallstoffe bestehen, sind bekannt, ebenso wie die ungenügenden Erfolge, welche die zwar zahlreichen, aber ohne einheitlichen Gedanken ausgeführten Einzelbestrebungen zur Besserung der beklagten Missstände — wir erinnern hier nur an die Flussverunreinigungen — gehabt haben. In diesem Zustande sollte nach der Ansicht der Staatsregierung eine Besserung herbeigeführt werden durch die Schaffung einer Centralstelle, an welcher alle auf dem Gebiete der Wasserversorgung und Beseitigung der flüssigen und festen Abfallstoffe wichtigen hygienischen und volkswirthschaftlichen Interessen Berücksichtigung finden und eine planmässige, zielbewusste Förderung erfahren.

Die neue Anstalt sollte zugleich den Staatsbehörden, Communen, Industriellen und Privaten die Möglichkeit bieten, objective, sachkundige und dem jeweiligen Stande von Wissenschaft und Technik entsprechende gutachtliche Auskunft zu erlangen.

Mit diesem Programm ist die Anstalt am 1. April 1901 versuchsweise[1]) ins Leben getreten und zwar in den von der Deutschen Landwirthschafts-Gesellschaft miethsweise überlassenen Räumen. Es war ein glücklicher Umstand, dass sie durch Uebernahme der Versuchsstation der Deutschen Landwirthschafts-Gesellschaft alsbald in den Besitz eines wohlausgestatteten chemischen Laboratoriums gelangte. Eine gewisse Schwierigkeit bestand, einen geeigneten Vorsteher zu gewinnen; es war deshalb nothwendig, dass zunächst der Fachreferent im Ministerium der Medicinal-Angelegenheiten neben der Leitung auch die Vorstehergeschäfte während der 4 ersten Monate des Bestehens besorgte.

Die äussere Organisation hat sich alsdann in dem Rahmen vollzogen, wie er in den Bemerkungen zum Staatshaushaltsetat für 1901

---

1) Durch den Staatshaushaltsetat 1902 ist durch Schaffung etatsmässiger Stellen die definitive Einrichtung ausgesprochen.

Digitized by Google

(vergl. Dr. Schmidtmann, Vorwort S. II, III, IV, Supplement der Vierteljahrsschrift f. gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen, 1901) gekennzeichnet ist.

Es ist eine Ministerial-Commission für die Führung der Geschäfte in Thätigkeit getreten, bei welcher ausser dem Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten auch das Ministerium des Innern, der öffentlichen Arbeiten, für Landwirthschaft, Domainen und Forsten, für Handel und Gewerbe und der Finanzen[1]) vertreten sind.

Eine ihrer ersten Aufgaben war, sich selbst eine Geschäftsordnung zu geben, sowie der Anstalt eine Geschäftsanweisung und Gebührenordnung. Bei dem Interesse, das die letzteren auch für weitere Kreise haben, mögen dieselben hier in dem von den Herren Ministern genehmigten Wortlaute folgen:

Geschäftsanweisung
für
die Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Allgemeine Aufgaben.

§ 1.

Die Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung hat folgende Aufgaben:

1. die auf dem Gebiete der Wasserversorgung und Beseitigung der Abwässer und Abfallstoffe sich vollziehenden Vorgänge in Rücksicht auf deren gesundheitlichen und volkswirthschaftlichen Werth zu verfolgen;
2. dahin gehörige Ermittelungen und Prüfungen im allgemeinen Interesse aus eigenem Antriebe zu veranlassen;

---

1) Dieselbe besteht zur Zeit aus folgenden Herren:
Min. der pp. Medicinal-Angelegenheiten:
Geh. Ober-Med.-Rath Dr. Schmidtmann, Vorsitzender.
Geh. Ober-Med.-Rath Dr. Pistor, stellvertretender Vorsitzender.
Min. d. Innern: Geh. Ober-Reg.-Rath Dr. Lindig.
Min. d. öffentl. Arbeiten: Geh. Ober-Reg.-Rath Francke.
Geh. Baurath Keller II.
Min. für Landwirthsch., Domainen und Forsten:
Geh. Ober-Reg.-Rath Dr. Müller.
Geh. Ober-Reg.-Rath Wesener.
Min. für Handel und Gewerbe: Landrath von Meyeren.
Finanzmin.: Geh. Finanz-Rath Dr. Dulheuer.

Digitized by Google

3. Untersuchungen über die in ihren Geschäftsbereich fallenden Angelegenheiten im Auftrage der Ministerien und auf Antrag von Behörden und Privaten gegen Gebühr auszuführen;
4. den Centralbehörden auf Erfordern des vorgesetzten Ministers Auskunft zu ertheilen und einschlägige Gutachten im öffentlichen Interesse zu erstatten.

Specielle Aufgaben.

§ 2.

Im Einzelnen umfasst die Geschäftsthätigkeit bis auf Weiteres folgende Angelegenheiten:

A. Auf dem Gebiete der Wasserversorgung.

1. Die planmässige wissenschaftliche und technische Prüfung und Durchbildung bestehender und neuer Verfahren der Wassergewinnung und der Wasserreinigung, sowie der Grundsätze für die quantitative Bestimmung und deren Sicherstellung.
2. Auskunftertheilung und sanitätstechnische Berathung auf Antrag von staatlichen und communalen Behörden, sowie von Privaten über bestehende oder geplante Wasserversorgungsanlagen.
3. Die wissenschaftlich-technische Prüfung des Betriebes von Wasserwerken.
4. Die Untersuchung von Wasserproben.

Auch liegt es der Anstalt ob, sich eine möglichst genaue Kenntniss der geologisch-hydrologischen Verhältnisse, sowie der Beschaffenheit des Oberflächenwassers im Bereiche der Monarchie an der Hand der vorhandenen Aufschlüsse und nöthigenfalls durch Vornahme eigener Untersuchungen und Besichtigungen oder auf dem Wege der Nachfrage an geeigneter zuverlässiger Stelle zu verschaffen und sich so nach und nach zur Sammelstelle herauszubilden, welche Auskünfte hierüber geben kann.

B. Auf dem Gebiete der Beseitigung von Abwässern und Abfallstoffen.

1. Die planmässige wissenschaftlich-technische Prüfung der wichtigeren bestehenden und etwa neu auftauchenden Verfahren zur Reinigung von Abwässern auf ihre Wirksamkeit und Anwendbarkeit, wobei zugleich deren methodische Ergründung und Vervollkommnung und die Auffindung neuer Verfahren erstrebt werden müssen.
2. Die Aufstellung von Arbeitsplänen zu etwa erforderlichen Prüfungen für Abwässer besonderer Art und Ausführung der Prüfungen.
3. Sanitäts-technische Berathung bei staatlichen, communalen und gewerblichen Entwässerungsanlagen.
4. Untersuchungen von Abwässerproben, Müll- und sonstigen Abfallstoffen, Bodenproben, Filterstoffen, Klärmitteln.
5. Systematische Feststellung der Einwirkung der verschiedenartigen Wässer auf die Wasserläufe in chemischer und biologischer Hinsicht (Fauna, Flora, Fischzucht); Aufstellung von Grundsätzen für die Reinhaltung der Wasserläufe unter Berücksichtigung ihrer verschiedenen Beschaffenheit und Be-

nutzung, sowie der Kennzeichen für die genügende Reinheit der in die Flüsse einzuleitenden Abwässer hinsichtlich der verschlammenden, fäulnissfähigen, toxischen und infectiösen Beimengungen.

6. Ueberwachung der von der Aufsichtsbehörde an den Betrieb und die Leistung von Reinigungsanlagen gestellten Forderungen auf Antrag der Betheiligten.
7. Feststellung der Einwirkung der Schmutzwässer auf den Boden, Ausnutzung der Dungstoffe, Anforderungen an den Reinheitsgrad von abfliessenden Drainwässern.

Die einschlägige Literatur des In- und Auslandes soll Seitens der Anstalt studirt, bemerkenswerthe Angaben dem vorgeordneten Minister bekannt gegeben und hierbei gebotenenfalls Vorschläge für die weitere Verfolgung gemacht werden.

Vorgesetzter Minister.

§ 3.

Die Anstalt untersteht dem Minister der Medicinal-Angelegenheiten.

Ministerial-Commission.

§ 4.

Alle Vierteljahr tritt eine aus den Vertretern aller betheiligten Ministerien (Ministerium der Medicinal-Angelegenheiten, des Innern, für Landwirthschaft, Domänen und Forsten, für Handel und Gewerbe, der öffentlichen Arbeiten, der Finanzen) zusammengesetzte Commission zusammen, welcher über die Geschäftsthätigkeit Bericht zu erstatten ist. Dieser Commission ist auch der Voranschlag der Anstalt vor dessen Einreichung bei dem Minister der Medicinal-Angelegenheiten, des Entwurfes der Gebührenordnung und etwaige auf den Geschäfts- und Aufgabenkreis der Anstalt bezügliche Vorschläge zur Begutachtung vorzulegen.

Anstaltsleiter.

§ 5.

Der Leiter der Anstalt wird von dem Minister der Medicinal-Angelegenheiten ernannt. Ihm liegt die Ueberwachung des gesammten Geschäftsbetriebes ob. Er hat für die Erledigung der der Anstalt von dem vorgeordneten Minister überwiesenen Aufträge Sorge zu tragen und in Zweifelsfällen die der Anstalt oder deren Leiter unmittelbar zukommenden Aufträge dem Minister zur Bestimmung über ihre Behandlung vorzulegen.

Der Leiter der Anstalt ist zugleich Vorsitzender der Ministerial-Commission (§ 4) und als solcher in den Grenzen der Zweckbestimmung der Anstalt behufs Aufrechterhaltung der lebendigen Wechselbeziehung mit der Praxis befugt, mit Vertretern und Sachverständigen aus den an der Anstaltsthätigkeit interessirten Kreisen (Gemeinden, Industriellen, Technikern pp.) in Verbindung zu treten und in Gemeinschaft mit ihnen zu berathen, inwieweit die Anstalt den gestellten Aufgaben genügt, oder welche Wege zur vollständigen Lösung einzuschlagen sind.

Anstaltsvorsteher.

§ 6.

Der Vorsteher der Anstalt wird von dem Minister der Medicinal-Angelegenheiten ernannt.

Ihm liegt die Führung des inneren, insbesondere technischen, Geschäftsbetriebes ob, er bestimmt die Reihenfolge der in der Anstalt vorzunehmenden Arbeiten und trägt die Verantwortung für ihre sachgemässe Ausführung. Die ihm von dem Leiter übermittelten Aufträge hat er zu bearbeiten; die ihm sonst von behördlicher oder privater Seite zugehenden Anträge hat er dem Leiter vorzulegen, welcher das Weitere veranlasst.

Die in der Anstalt beschäftigten wissenschaftlichen Mitglieder und Hülfsarbeiter, sowie der Secretär sind ihm unterstellt.

Zur Annahme des Unterpersonals ist der Vorsteher selbständig befugt, auch ist er mit Zustimmung des Leiters ermächtigt, freiwillige Hülfsarbeiter zur Beschäftigung in der Anstalt zuzulassen. Eine Honorirung der Thätigkeit solcher Hülfsarbeiter findet in der Regel nicht statt.

§ 7.

Der Vorsteher ist ermächtigt, über die sächlichen Fonds der Anstalt innerhalb der Grenzen des Etats und nach näherer Massgabe der daselbst getroffenen Bestimmungen zu verfügen.

Die Anweisung an die Kasse hat er vorzubereiten, mit der Richtigkeits- und Inventarisationsbescheinigung zu versehen und dem Leiter zur Vollziehung vorzulegen.

§ 8.

Der Vorsteher hat den Vierteljahresbericht sowie am Schlusse des Etatsjahres einen Jahresbericht, welcher die hauptsächlichsten wissenschaftlichen und praktischen Ergebnisse des Etatsjahres enthalten soll (§ 4), zu entwerfen und rechtzeitig dem Leiter einzureichen. Ferner liegt ihm ob, alljährlich den Etatsentwurf für das nächste Jahr aufzustellen und spätestens bis zum 1. April dem Leiter vorzulegen.

Stellvertretung des Vorstehers.

§ 9.

Im Falle der Verhinderung des Vorstehers tritt das älteste wissenschaftliche Mitglied als Vertreter ein, sofern nicht der Leiter die Stellvertretung durch ein anderes Mitglied bestimmt.

Erscheint es nach Lage der Verhältnisse geboten, zur Stellvertretung des Vorstehers eine nicht der Anstalt angehörige Persönlichkeit heranzuziehen, so ist die Entscheidung des Ministers einzuholen.

Annahme des wissenschaftlichen pp. Personals.

§ 10.

Die wissenschaftlichen Mitglieder, Hülfsarbeiter und der Bureau-Hülfsarbeiter werden in der Regel mit dreimonatlicher Kündigung, das Unterpersonal mit 14tägiger Kündigungsfrist angenommen.

In der über den Dienstantritt aufzunehmenden Verhandlung ist hervorzuheben, dass grobe Pflichtverletzung, insbesondere Verletzung des Dienstgeheimnisses (§ 11) zur sofortigen Entlassung berechtigt.

Digitized by Google

Dienstgeheimniss.

§ 11.

Alle in der Anstalt beschäftigten Personen haben das Dienstgeheimniss zu wahren, sie dürfen insbesondere über die angestellten Versuche und ihre Resultate keinerlei Mittheilungen, sei es mündlich oder schriftlich, an dritte Personen gelangen lassen.

Bei ihrem Eintritt in den Dienst sind sie besonders auf die Wahrung des Dienstgeheimnisses und seine Bedeutung hinzuweisen.

Ausserdienstliche Thätigkeit.

§ 12.

Dem Vorsteher, den wissenschaftlichen Mitgliedern und Hülfsarbeitern ist jede Nebenthätigkeit auf dem zum Geschäftsbereich der Anstalt gehörigen Gebiet, insbesondere die Erstattung von Gutachten, Anstellung von Versuchen und dergleichen untersagt.

Werden die vorstehenden Personen vor die Gerichte als Sachverständige geladen, so haben sie dem Minister ungesäumt Anzeige zu erstatten. Die Veröffentlichung von Arbeiten der Anstalt ist nur mit Zustimmung des Leiters zulässig. Mittheilungen aus dem Arbeitsgebiete der Anstalt können nur mit Genehmigung des Anstaltsleiters erfolgen. Das Gleiche gilt für die Abhaltung von öffentlichen Vorträgen über einschlägige Themata.

Zuweisung und Erledigung der Aufträge.

§ 13.

Die von den Centralbehörden gemäss § 1 Ziffer 4 ausgehenden Aufträge für die Anstalt erfolgen durch den Minister der Medicinal-Angelegenheiten.

Alle sonstigen Aufträge sind an die Anstalt unmittelbar zu richten.

Die Aufträge sind nach der Reihenfolge des Einganges zu erledigen, soweit nicht die Eilbedürftigkeit eines Auftrages oder Zweckmässigkeitsgründe des Betriebes eine Abweichung rechtfertigen. Die von Reichs- und Staatsbehörden ausgehenden Aufträge sind im Allgemeinen als schleunige zu behandeln.

Ergiebt sich bei der Bearbeitung der Aufträge die Nothwendigkeit einer thatsächlichen Aufklärung, so ist der Vorsteher ermächtigt, die erforderlichen Rückfragen an den Auftraggeber unmittelbar zu richten, sei es, dass es sich um private oder um behördliche Aufträge handelt.

Sofern ein Auftrag wegen Ueberbürdung des Personals oder aus sonstigen Gründen nicht rechtzeitig ausgeführt werden kann, oder der Beginn der Ausführung auf länger als zwei Monate voraussichtlich verschoben werden muss, hat der Vorsteher unter Darlegung der Gründe unverzüglich dem Leiter Anzeige zu machen.

Ausstellung von Befundscheinen, Untersuchungsberichten, Gutachten und ihre Behändigung.

§ 14.

Die von der Anstalt auszustellenden und mit dem Amtssiegel zu versehenden Zeugnisse über die vollzogenen Prüfungen hat der Vorsteher zu zeichnen. Die

Digitized by Google

Zeugnisse haben sich bei den von Privaten veranlassten Arbeiten der Regel nach auf die Angabe der thatsächlichen Ergebnisse der Untersuchung zu beschränken und sollen in etwaigen Schlüssen nicht über das hinausgehen, was durch den jeweiligen Stand von Wissenschaft, Technik und praktischer Erfahrung thatsächlich begründet werden kann. Ein Urtheil über die Brauchbarkeit des Prüfungsgegenstandes für bestimmte praktische Zwecke ist für gewöhnlich nicht und nur mit Zustimmung des Anstaltsleiters abzugeben, auch ist bei Abfassung der Schriftstücke zu beachten, dass der Entscheidung der etwa demnächst zuständigen Behörde nicht vorgegriffen werden darf.

In zweifelhaften Fällen ist die Entscheidung des Anstaltsleiters, bei Angelegenheiten von allgemeiner Bedeutung die Zustimmung der Ministerial-Commission einzuholen.

Soweit es sich um Arbeiten für Private handelt, ist der Vorsteher ermächtigt, die Zeugnisse dorthin unmittelbar zu übermitteln. Die auf behördliche Aufträge bezüglichen Ausarbeitungen sind dem Leiter vorzulegen, welcher die Aushändigung der Zeugnisse seinerseits veranlasst.

Amtssiegel.

§ 15.

Das Amtssiegel führt in der Mitte den preussischen Adler und trägt die Umschrift „Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung“.

Gebühren.

§ 16.

Den Zeugnissen (§ 14) ist die Gebühren-Rechnung beizufügen, welche der Vorsteher nach Massgabe des Tarifs aufzustellen und mit der Bescheinigung der Richtigkeit zu versehen hat. In der Rechnung ist zugleich die Kasse zu bezeichnen, an welche die Zahlung zu leisten ist.

Die Einforderung eines Kostenvorschusses ist zulässig.

Gebührenordnung.

I. Allgemeine Bestimmungen.

1. Die in der Gebührenordnung festgesetzten Beträge schliessen die Vergütung für die bei der Untersuchung verbrauchten Stoffe und benutzten Apparate, sowie für die Ausfertigung des Befundscheines mit kurzem aus der Untersuchung sich ergebenden Schlussurtheil in sich. Darüber hinausgehende gutachtliche Aeusserungen auf Grund des Befundes (Untersuchungsberichte) werden ebenso wie ausführliche Gutachten (vergl. IV) nach Massgabe der darauf verwendeten Zeit besonders berechnet.
2. Für Untersuchungen, welche in der Gebührenordnung nicht vorgesehen sind, werden die Gebühren unter Berücksichtigung der aufgewendeten Zeit und Materialien nach den Beträgen für analoge Untersuchungen festgesetzt.
3. Die als Anhalt unter III gegebenen Muster von Analysen und der Gebührenaufstellung können nicht für alle Fälle massgebend sein. Es ist deshalb zweck-

Digitized by Google

mässig, bei der Einsendung eines Untersuchungsgegenstandes zugleich Veranlassung und Zweck des Antrages auf Untersuchung anzugeben, damit hiernach, soweit die Einzelbestimmungen vom Auftraggeber nicht angegeben sind, von der Anstalt beurtheilt werden kann, welche Stoffe und in welcher Weise dieselben zu bestimmen sind.

4. An Stelle der Einzelberechnung kann eine Pauschalgebühr vereinbart werden, wenn es sich um Untersuchungen über einen längeren Zeitraum oder um fortlaufende Controlen handelt.

5. Werden zur Erledigung eines Auftrages bei derselben Probe mehr als 3 Einzelbestimmungen ausgeführt, so kann eine Ermässigung des Gesammtpreises für die Untersuchung von 10 pCt., bei mehr als 6 Einzelbestimmungen von 15 pCt., bei mehr als 12 Einzelbestimmungen von 20 pCt. gewährt werden. Weitere Ermässigungen können mit Genehmigung des Ministers zugebilligt werden, sofern die Verhältnisse im Einzelfalle dies rechtfertigen.

II. Einzelbestimmungen.

a) chemische.

Gegenstand	qualitativ M.	quantitativ M.	Bemerkungen
Abdampfrückstand	—	5	
Aeussere Beschaffenheit (Farbe, Geruch, Geschmack, Klarheit)	2	—	
Ammoniak	2	6	
Asche	—	4	
Chlor	3	7	
Eisen	2	8	
Elementaranalyse	—	40	
Fett	—	7	
Glührückstand	—	4	
Härte, titrimetrisch	—	4	
Humus	—	25	nach dem Verfahren von Loges.
Kali	5	10	
Kalk	3	8	
Kieselsäure	—	9	
Kohlensäure	1	—	
Kohlensäure, gebunden	—	5	
Kohlensäure, gesammt	—	6	
Kohlensäure, nach Scheibler	—	4	
Korngrösse	—	3	
Magnesia	3	8	
Mechanische Bodenanalyse	—	6	für jede einzelne Korngrösse.
Natron	5	12	
Oxydirbarkeit	—	6	
Phosphorsäure	3	8	
Phosphorsäure, löslich	3	8	
Reaction	2	—	
Sand	—	6	

Digitized by Google

Gegenstand	qualitativ M.	quantitativ M.	Bemerkungen
Salpetersäure	2	10	
Salpetrige Säure	2	8	
Sauerstoff	—	8	
Schwefelsäure	2	8	
Schwefelwasserstoff	2	8	
Stärke	—	12	
Stickstoff	—	8	
Suspendirte Stoffe	—	6	
Thonerde	4	10	
Trockensubstanz	—	4	
Verbrennliches	—	20	
Verdaulichkeit	—	15	
Wasseraufsaugungsvermögen	—	5	
Zucker	3	8	

b) botanische oder zoologische Untersuchung.

5 M. und darüber, je nachdem ein grösserer Zeitaufwand oder umständliche Culturverfahren nothwendig sind.

c) bakteriologische Untersuchung.

10 M. und darüber, je nachdem der Aufwand an Zeit und Material es rechtfertigt.

III. Beispielsweise Gebührenaufstellung[1]) für Gesammtanalysen.

A. Wasser.

1. Prüfung auf Brauchbarkeit als Trinkwasser — einzusendende Menge 3 Liter. —

Aeussere Beschaffenheit		2 M.
Ammoniak	qualitativ	2 „
Chlor	quantitativ	7 „
Eisen	„	8 „
Kalk	„	8 „
Magnesia	„	8 „
Oxydirbarkeit		6 „
Reaction		2 „
Salpetersäure	qualitativ	2 „
Salpetrige Säure	„	2 „
Schwefelsäure	„	2 „
Schwefelwasserstoff	„	2 „
	Summa	51 M.

Bei Ausführung der bakteriologischen und eventl. erforderlichen botanischen und zoologischen Untersuchungen kommen noch die in den Einzelbestimmungen ausgeworfenen Gebühren zur Anrechnung.

1) Gemäss Ziffer 5 der Allgemeinen Bestimmungen (I) können von den angesetzten Beträgen 10 pCt., 15 pCt. oder 20 pCt. in Abrechnung gebracht werden.

Digitized by Google

2. Prüfung auf Brauchbarkeit als Kesselspeisewasser — einzusendende Menge 5 Liter. —

Abdampfrückstand		5 M.
Chlor		7 „
Kalk		8 „
Kohlensäure		6 „
Magnesia		8 „
Schwefelsäure		8 „
Suspendirte Stoffe		6 „
Temporäre Härte		4 „
Eisen		8 „
	Summa	60 M.

3. Ausführliche Untersuchung — einzusendende Menge 10 Liter.

Abdampfrückstand		5 M.
Aeussere Beschaffenheit		2 „
Ammoniak	quantitativ	6 „
Chlor	„	7 „
Eisen	„	8 „
Glührückstand		4 „
Kali	quantitativ	10 „
Kalk	„	8 „
Kohlensäure, gebunden		5 „
Kohlensäure, gesammt		6 „
Magnesia	quantitativ	8 „
Natron	„	12 „
Oxydirbarkeit		6 „
Reaction		2 „
Salpetersäure	quantitativ	10 „
Salpetrige Säure	„	8 „
Schwefelsäure	„	8 „
Schwefelwasserstoff	qualitativ	2 „
Stickstoff		8 „
Suspendirte Stoffe		6 „
	Summa	131 M.

Bei Ausführung der bakteriologischen und eventl. erforderlichen botanischen und zoologischen Untersuchungen kommen die in den Einzelbestimmungen ausgeworfenen Gebühren weiter zur Anrechnung.

B. Abwasser.

1. Prüfung des Reinigungseffectes einer Kläranlage — einzusendende Menge 3 Liter. —

Aeussere Beschaffenheit in verschiedenen Concentrationen und in 3 Zeiträumen		12 M.
Ammoniak	quantitativ	6 „
	Uebertrag	18 M.

Digitized by Google

	Uebertrag	18	M.
Chlor	quantitativ	7	„
Oxydirbarkeit		6	„
Reaction		2	„
Schwefelwasserstoff	qualitativ	2	„
Stickstoff		8	„
Suspendirte Stoffe		6	„
	Summa	49	M.

Bei Ausführung der bakteriologischen und eventl. erforderlichen botanischen und zoologischen Untersuchungen kommen die in den Einzelbestimmungen ausgeworfenen Gebühren in Anrechnung.

2. Ausführliche Untersuchung — einzusendende Menge 10 Liter. —

Abdampfrückstand		5	M.
Aeussere Beschaffenheit in verschiedenen Concentrationen und in 3 Zeiträumen		12	„
Ammoniak	quantitativ	6	„
Chlor	„	7	„
Eisen	„	8	„
Glührückstand, gesammt		4	„
Glührückstand der suspendirten Stoffe		4	„
Kali	quantitativ	10	„
Kalk	„	8	„
Natron	„	12	„
Oxydirbarkeit		6	„
Phosphorsäure	quantitativ	8	„
Reaction		2	„
Salpetersäure	quantitativ	10	„
Salpetrige Säure	„	8	„
Sauerstoff	„	8	„
Schwefelsäure	„	8	„
Schwefelwasserstoff	qualitativ	2	„
Stickstoff		8	„
Suspendirte Stoffe		6	„
	Summa	142	M.

Bei Ausführung der bakteriologischen und eventl. erforderlichen botanischen und zoologischen Untersuchungen kommen die in den Einzelbestimmungen ausgeworfenen Gebühren zur Anrechnung.

C. Abfallstoffe.

1. Menschliche Auswürfe (Fäkalien) — einzusendende Menge 3 kg.

Ammoniak	quantitativ	6	M.
Asche		4	„
Kali	quantitativ	10	„
	Uebertrag	20	M.

	Uebertrag	20 M.
Phosphorsäure	quantitativ	8 „
Stickstoff		8 „
Trockensubstanz		4 „
	Summa	40 M.

2. Mengedünger (Compost) — einzusendende Menge 3 kg. —

Ammoniak	quantitativ	6 M.
Asche		4 „
Kali	quantitativ	10 „
Phosphorsäure	„	8 „
Stickstoff		8 „
Trockensubstanz		4 „
	Summa	40 M.

3. Poudrette — einzusendende Menge 1 kg. —

Ammoniak	quantitativ	6 M.
Asche		4 „
Kali	quantitativ	10 „
Phosphorsäure	„	8 „
Schwefelsäure	„	8 „
Stickstoff		8 „
Trockensubstanz		4 „
	Summa	48 M.

4. Hausmüll.

a) auf landwirthschaftlichen Werth — einzusendende Menge 5 kg. —

Ammoniak	quantitativ	6 M.
Asche		4 „
Kali	quantitativ	10 „
Kalk	„	8 „
Phosphorsäure, gesammt	„	8 „
Phosphorsäure, löslich	„	8 „
Stickstoff		8 „
Trockensubstanz		4 „
	Summa	56 M.

b) auf Brennbarkeit — einzusendende Menge 10 kg. —

Trockensubstanz		4 M.
Verbrennliches		20 „
	Summa	24 „

Digitized by Google

5. Schlachthof- und Abdeckerei-Abfälle — einzusendende Menge 3 kg. —

a) auf Düngerwerth:

Ammoniak	quantitativ	6 M.
Asche		4 „
Kali	quantitativ	10 „
Phosphorsäure	„	8 „
Stickstoff		8 „
Trockensubstanz		4 „
	Summa	40 M.

b) auf Futterwerth:

Asche		4 M.
Fett	quantitativ	7 „
Kalk	„	8 „
Phosphorsäure	„	8 „
Sand		6 „
Stickstoff		8 „
Trockensubstanz		4 „
Verdaulichkeit	quantitativ	15 „
	Summa	60 M.

Bei Ausführung der bakteriologischen und eventl. erforderlichen zoologischen Untersuchungen kommen die in den Einzelbestimmungen ausgeworfenen Gebühren zur Anrechnung.

6. Klärschlamm.

a) auf landwirthschaftlichen Werth — einzusendende Menge 3 kg. —

Ammoniak	quantitativ	6 M.
Asche		4 „
Kali	quantitativ	10 „
Kalk	„	8 „
Phosphorsäure, gesammt	„	8 „
Phosphorsäure, löslich	„	8 „
Stickstoff		8 „
Trockensubstanz		4 „
	Summa	56 M.

b) auf Brennwerth:

Trockensubstanz		4 M.
Verbrennliches		20 „
	Summa	24 M.

D. Boden — einzusendende Menge 2 kg. —

Humus	quantitativ	25	M.
Kali	"	10	"
Kalk	"	8	"
Phosphorsäure	"	8	"
Stickstoff	"	8	"
	Summa	59	M.

Bei Ausführung der mechanischen Analyse kommen für jede einzelne Korngrösse 6 M. zur Anrechnung.

Bei Ausführung der bakteriologischen und eventl. erforderlichen botanischen und zoologischen Untersuchungen kommen die in den Einzelbestimmungen ausgeworfenen Gebühren zur Anrechnung.

E. Filtermaterialien und Klärmittel — einzusendende Menge je nach Ausdehnung der Untersuchung. —

Filtrationsfähigkeit je nach Aufwand an Zeit und Material	..	M.
Korngrösse	3	"
Wasseraufsaugungsvermögen	5	"
Summa	..	M.

IV. Gutachten.

Gutachten werden nach der aufgewendeten Zeit und Arbeit in der Weise bezahlt, dass für je einen Tag Arbeitsaufwand eines Sachverständigen 30 M. in Anrechnung gebracht werden. Derselbe Satz gilt für etwaige Besichtigungen an Ort und Stelle, welche für die Vorbereitung des Gutachtens nothwendig sind. In letzterem Falle sind ausserdem Tagegelder und Reisekosten nach Massgabe der Sätze des Artikel 1, §§ 1 und 4 des Gesetzes vom 21. Juni 1897 zu vergüten. Für die Begutachtung erforderliche Untersuchungen werden nach den Sätzen der Gebührenordnung besonders berechnet.

Bei der Festsetzung der Gebührenordnung ist so verfahren, dass zunächst die Gebührenordnungen von bestehenden Anstalten eingezogen sind und dass im Allgemeinen der Durchschnitt dieser Sätze für die Gebührensätze der Anstalt gewählt wurde. Nur in wenigen Positionen ist von diesem Verfahren abgewichen worden und musste über den Mittelsatz hinaus gegangen werden, wie z. B. bei der Bestimmung des Humus, weil die billiger zu leistenden Untersuchungsmethoden unsichere Resultate liefern.

Es ist ohne Weiteres klar, dass eine staatliche Anstalt mit der angegebenen Zweckbestimmung unsichere Untersuchungsmethoden nicht zu den ihrigen machen darf und nur dann ihre Aufgaben richtig erfüllen kann, wenn sie mit den in der Wissenschaft bekannten zuverlässigsten Methoden operirt.

Digitized by Google

Von diesem Grundsatze ausgehend, war es eine wichtige und erste Aufgabe der neuen Anstalt, alle üblichen chemischen Methoden für die speciellen Zwecke der Anstalt nachzuprüfen. Hierbei haben sich als Nebengewinne auch Vereinfachungen und eine nicht unwesentliche Kürzung der Zeitdauer ergeben (vergl. in dieser Beziehung die Mittheilung von Dr. Zahn in diesem Hefte). Zugleich sind Muster für bestimmte, sich wiederholende Arbeiten ausgearbeitet worden, wie u. a. der nachfolgend abgedruckte Fragebogen betreffend die Untersuchung von Wasser, die Anweisung zur Entnahme von Wasserproben, Befundscheine.

Bei der Aufstellung dieser Muster haben die bei der Königlichen Eisenbahnverwaltung und anderwärts in Gebrauch befindlichen Formulare als Vorbild gedient und sind in entsprechenden Punkten benutzt worden.

Fragebogen,

betreffend die Untersuchung von Wasser[1])

aus .... in .... (Ortsangabe).

1. Zweck der Untersuchung des Wassers? (Angabe, ob es sich um Trink- und Wirthschaftswasser oder um Kesselspeisewasser handelt, oder um Gebrauchswasser für bestimmte andere gewerbliche Zwecke und um welche.)

2. Entnahmestelle: Ziehbrunnen, Kesselbrunnen, Röhrenbrunnen, Wasserleitung, Quelle, Wasserlauf, See, Teich u. s. w. und Vorrichtung zur Wasserhebung (Hand- oder Dampfpumpe u. s. w.)?

3. Wie tief ist der Brunnen?

   Beschaffenheit der Wände und der Sohle des Brunnens (Baustoff: Holz, Feldstein, Ziegel, Fugen gemauert, cementirt oder mit Moos oder anderem Material verstopft u. s. w.)?

   Ist der Brunnenkessel offen oder abgedeckt? Womit ist er abgedeckt?

   Ist das Pumpenrohr nach oben oder seitlich aus dem Brunnenkessel herausgeführt?

   Wie fliesst das beim Pumpen vorbeilaufende Wasser ab? Ist etwa die Möglichkeit vorhanden, dass es in den Brunnenkessel zurückfliesst?

   Bei offenen Gewässern: Ist das Bett natürlich oder künstlich? Sind Filter vorhanden? Wie sind diese eingerichtet?

---

1) Die Untersuchung von Wasserproben, welche der Anstalt eingesandt werden, kann sich auf die physikalische, chemische und mikroskopische (biologische) Beschaffenheit erstrecken.

Die bakteriologische Prüfung des Wassers, soweit die Bestimmung der Keimzahl in Frage kommt (welche übrigens nicht stets erforderlich ist), kann an eingesandten Proben nicht vorgenommen, sondern muss stets an Ort und Stelle selbst von sachverständiger Seite eingeleitet werden.

Digitized by Google

4. Wie tief ist die wasserführende Schicht von der Erdoberfläche entfernt, und wie tief unter Terrain steht der Wasserspiegel? Ist der Wasserstand in dem Brunnen oder Wasserlauf u. s. w. gleichmässig oder ändert er sich mit der Jahreszeit, bei Regengüssen oder mit dem Wasserspiegel eines benachbarten Wasserlaufes? Wie gross sind die Aenderungen?

5. Liegt die Entnahmestelle im Ueberschwemmungsgebiet? Wie häufig im Jahre und zu welchen Jahreszeiten sind Ueberschwemmungen beobachtet worden? Wann zum letzten Male vor der jetzigen Probeentnahme?

6. Ist die obere Erdschicht natürlich oder aufgeschüttet? Eventuell: Womit ist sie aufgeschüttet (Sand, Bauschutt u. s. w.)?

7. Was ist über den geologischen Aufbau der Erdschichten, worin der Brunnen oder das Gewässer sich befindet, insbesondere über die wasserführenden Schichten bekannt? (Bei Brunnen Angabe des Bohrprofils).

8. Befinden sich menschliche Niederlassungen in der Nähe der Wasserentnahmestelle (des Brunnens, der Quelle u. s. w.) und in welcher Entfernung davon?

9. Sind in der Nähe der Wasserentnahmestelle (des Brunnens, der Quelle u. s. w.) und in welcher Entfernung davon Abortsanlagen, Mistgruben, Ställe, Fabriken (welcher Art) oder sonstige Anlagen (z. B. Kirchhöfe), die ihrer Lage nach einen ungünstigen Einfluss auf das Wasser haben können? Führen in der Nähe des Brunnens, der Quelle oder sonstigen Wasserentnahmestelle öffentliche Wasserläufe, Abflusscanäle oder Abzugsgräben oder Rinnsteine vorbei; wie ist ihr Gefälle, in welcher Bodenart liegen sie und wie sind ihre Wandungen beschaffen?

10. Wann ist der Brunnen angelegt? Ist der Brunnen augenblicklich in gutem Zustande? Sind in der Zwischenzeit Ausbesserungen ausgeführt worden und welcher Art sind sie gewesen?

11. Wie gross ist die dem Brunnen etc. bei dem gewöhnlichen Gebrauche durchschnittlich täglich entnommene Wassermenge? Findet dabei eine Absenkung des Spiegels statt? Ist überhaupt etwas Genaues über die Ergiebigkeit bekannt?

12. Wie lange unmittelbar vor der Entnahme wurde der Brunnen abgepumpt?

13. Bei Wasserleitungen: Wie lange unmittelbar vor der Entnahme wurde die Leitung laufen gelassen?

    a) Kommt die Leitung von einer Quelle her oder von welcher sonstigen Wassergewinnungsstelle?

    b) Führt die Leitung zu öffentlichen Brunnen oder in Wohnhäuser?

    c) Ist diese Leitung offen oder geschlossen? Sind die Röhren aus Holz, Thon, Cement, Eisen, Blei oder aus welchem sonstigen Baustoff angefertigt?

    d) Wie lang ist die Leitung? Führt sie durch menschliche Niederlassungen?

    e) Wann ist die Leitung angelegt? Sind in der Zwischenzeit Ausbesserungen ausgeführt worden und welcher Art sind sie gewesen?

14. Wenn es sich um das Wasser einer Quelle handelt: Wie ist die Quelle gefasst?

Digitized by Google

15. Wie sind Aussehen, Geschmack, Geruch und Temperatur des Wassers gewöhnlich, und wie waren sie zur Zeit, als die Probe entnommen wurde?

16. Wie hoch war die Lufttemperatur zur Zeit der Probenahme?

17. Zeigt das Wasser zuweilen Veränderungen und welcher Art sind diese? Trübt sich gelegentlich das sonst klare Wasser?

, den ten 190

(Unterschrift.)

Anweisung
zur Entnahme von Wasserproben.

A. **Allgemeine Vorschriften.** Von jeder zu untersuchenden Probe sind mindestens 3 Liter zu senden. Zur Versendung sind vollkommen reine, mit dem zu untersuchenden Wasser wiederholt (mindestens 3mal) vorgespülte Glasflaschen zu verwenden, möglichst solche mit Glasstopfen. In Ermangelung derartiger Flaschen sind die Flaschen mit neuen Korken zu verschliessen. Im Allgemeinen sind die Flaschen nicht zu versiegeln. Ist eine Versiegelung der Flasche angezeigt, so ist der Kork zu verschnüren und das Siegel nicht auf dem Korke, sondern an der Verschnürung anzubringen. Ort und Zeit der Entnahme sind auf den Flaschen anzugeben. Auf dem Begleitschein muss angegeben sein, wer den Auftrag zur Untersuchung ertheilt, wie die Flasche bezeichnet ist und wohin das Untersuchungsergebniss zu senden ist.

Bevor das Wasser zur Untersuchung aufgefangen wird, muss der **Brunnen** unmittelbar vorher mindestens 20 Minuten hindurch langsam und gleichmässig abgepumpt werden, wobei bei Kesselbrunnen darauf zu achten ist, dass das ausgepumpte Wasser nicht wieder in den Brunnenkessel zurückläuft.

Hat der Brunnen nur wenig Wasser, oder ist kurz vor der Entnahme zu irgend welchen anderen Zwecken schon eine grössere Wassermenge abgepumpt worden, so kann die Zeitdauer des oben geforderten Abpumpens entsprechend beschränkt werden.

Bei **Wasserleitungen** muss das Wasser unmittelbar vor der Entnahme mindestens 20 Minuten lang ablaufen gelassen werden.

Bei Brunnen ohne Pumpenrohr wird ein vorher sorgfältig aussen und innen gereinigter, zweckmässig unmittelbar vor der Benutzung mit heissem Wasser ausgespülter Eimer in den Brunnenkessel hinabgelassen und so zum Schöpfen des Wassers benutzt.

Quell-, Fluss-, Teichwässer werden ohne weiteres in die oben näher beschriebenen Flaschen gefüllt.

B. Jeder zu untersuchenden Wasserprobe ist ein ausgefüllter Fragebogen beizufügen; Formulare übersendet auf Anfordern die Anstalt.

Befundschein

über die am zur Untersuchung auf
eingegangene, mit Siegel:
verschlossene und der Bezeichnung:
versehene Probe (No.)

(die Zahlen bedeuten mg im Liter)

Klarheit:	Chlor:
Farbe:	Eisen (Fe_2O_3):
Geruch:	Kaliumpermanganat-verbrauch:
Geschmack:	Kalk (CaO):
Reaction:	Magnesia (MgO):
Suspendirte Stoffe:	Gesammt-Härte (Deutsche Grade):
Salpetersäure:	Bleibende Härte (Deutsche Grade):
Salpetrige Säure:	
Ammoniak:	

Die Kosten für die Untersuchung einschl. des Befundscheins betragen M. Pf. Dieser Betrag ist innerhalb 14 Tagen an die Königliche Polizeihauptkasse in Berlin C. 25, Am Alexanderplatz 5—6, portofrei einzusenden.

Der Anstaltsvorsteher

An

J.-No.

Indem so der innere Ausbau der Anstalt in den ersten Monaten sich vollzog, war die beste Grundlage für die Entwickelung ihrer Thätigkeit auch nach aussen hin gegeben und die Anstalt befähigt, den bald in erheblicher Zahl ihr zufliessenden Aufträgen zu genügen. Welche erfreuliche Entwickelung der Geschäftsbetrieb im 1. Jahr des Bestehens genommen hat, geht schon daraus hervor, dass das Auftragsjournal nicht weniger als 121 gebührenpflichtige Aufträge aufzuweisen hat, von denen 10 auf die Ministerien, 35 auf sonstige staatliche Behörden, 45 auf Communen, 31 auf Private als Auftraggeber entfallen. Das Excursionsjournal enthält 198, das Probeneinlaufjournal 910, das Hauptjournal 1639 Nummern.

Das finanzielle Ergebniss hat sich in von Quartal zu Quartal steigenden Beträgen entsprechend günstig gestaltet.

Mit der Erledigung dieser gebührenpflichtigen Inanspruchnahme werden jedoch die Gesammtleistungen der Anstalt nicht gedeckt. Da-

Digitized by Google

neben liegen die Untersuchungen und Arbeiten, welche im allgemeinen Interesse auf behördliche Anweisung und aus eigenem Antriebe geleistet sind. Von Vielem möge hier als Beispiel nur eins erwähnt sein. Für die Stellung der Centralinstanzen gegenüber den Entwässerungsprojecten beim Teltow-Kanal war es von besonderer Wichtigkeit, die Frage entschieden zu sehen, ob und eventl. unter welchen Voraussetzungen die Abwässer eines nach dem Trennsystem kanalisirten Ortes durch das sogenannte biologische Klärverfahren so gereinigt werden, dass sie unbedenklich dem Kanal zugeführt werden können. Die Klarstellung dieser Frage war um so dringlicher, als die Erfolge dieses Reinigungsverfahrens bei den Abwässern von Tempelhof hinter den Erwartungen zurückgeblieben waren. Es galt also nachzuweisen, dass diese unbefriedigenden Ergebnisse nicht dem Verfahren, sondern vermeidbaren Mängeln der Anlage und des Betriebes zur Last zu legen waren. Die erforderlichen Untersuchungen sind von der Anstalt alsbald aufgenommen und haben im Zusammenhange mit den an anderen Anlagen durchgeführten Untersuchungen und Versuchen zu der Gewinnung der grundsätzlichen Merkpunkte für den Bau biologischer Reinigungsanlagen geführt, welche in der in diesem Hefte veröffentlichten Arbeit von Dr. Thumm wiedergegeben sind.

Wir sind wohl berechtigt, auch diese Leistungen der Anstalt in einem Geldwerth auszudrücken, denn wenn sie nicht von der Anstalt geleistet wären, so hätten sie an anderen Stellen, wahrscheinlich mit Aufwendung grösserer Mittel, ausgeführt werden müssen. Es ist deshalb eine Berechnung der im allgemeinen Interesse geleisteten Analysen nach der Gebührenordnung ausgeführt, und wir kommen dann zu einer Geldbewerthung dieser Arbeiten, die sich für das einzelne Quartal auf 5--6000 M. stellt, also im Jahre auf etwa 20,000 M. Hiernach kann das Ergebniss der seitherigen Erfahrungen mit der Anstalt dahin zusammengefasst werden, dass dieselbe

1. einem dringenden praktischen Bedürfniss genügt hat,
2. dass die Entwickelung eine erfreuliche und trotz ihrer Schnelligkeit eine durchaus gesunde ist, und dass ferner
3. die Erwartung einer gewissen finanziellen Selbständigkeit nicht getäuscht worden ist.

Als erfreulichen Erfolg und rühmliches Zeugniss für die seitherige Wirksamkeit darf man die Thatsache ansprechen, dass bereits im Staatshaushalts-Etat für 1902 der Anstalt einige etatsmässige Stellen zugestanden sind. Hiermit ist die Anstalt ihres provisorischen Charakters

Digitized by Google

schon nach einjährigem Bestehen entkleidet und zu einer dauernden staatlichen Institution erhoben worden.

Die überaus anerkennenden Worte, welche gelegentlich der Etatsberathung in beiden Häusern des Landtages[1]) der Anstaltsthätigkeit von mehreren Seiten gespendet sind, können als Beweis dafür angesehen werden, dass in der Hauptsache das Richtige bisher getroffen worden ist, und dass bei Innehaltung des eingeschlagenen Weges eine weitere glückliche Entwickelung vorhergesagt werden kann. Die von allen Freunden der Anstalt dankbar empfundene öffentliche Anerkennung an solcher Stelle ist den Anstaltsmitgliedern ein Ansporn zu weiterer freudiger und pflichtgetreuer Erfüllung ihrer Aufgaben.

Für die Beurtheilung der ganzen Sachlage und insbesondere der weiteren Gestaltung ist indessen zu fragen: wodurch ist dieses erfreuliche Ergebniss gezeitigt? Wenn man nach den Ursachen dieser nicht wider, aber über Erwarten günstigen Entwickelung der Anstalt forscht, so wird man neben den anerkennenswerthen Leistungen der Anstaltsmitglieder vornehmlich der Unterstützung voll Dankes gedenken müssen, welche der Anstalt seitens der Communen, der grossen industriellen Verbände und der einzelnen Specialtechniker und Fachgelehrten gewährt wurde. Von besonderem Nutzen erwies sich, dass die Stadt Charlottenburg die auf dem Rieselfelde zu Carolinenhöhe belegenen Oxydationsfilter wie bisher für die besonders wichtigen Untersuchungen und Versuche[2]) zur Verfügung stellte und allen Bestrebungen auf dem Gebiete der Städtereinigung in diesem wie allen anderen Punkten ihre werkthätige und erfolgreiche Hülfe lieh. Vielfach war die Anstalt auch genöthigt, sich der Berathung der Geologischen Landesanstalt für die Ausarbeitung ihrer Gutachten zu bedienen, die ihr stets mit grösster Bereitwilligkeit gewährt wurde. Die Wichtigkeit, welche die Kenntniss der Erdrinde, der Gesteine, der Bodenschichten und ihrer Wasserführung für die Beurtheilung der Wasserversorgung hat, und die zahlreichen Berührungspunkte, welche die geologische Landeskunde und ihre praktische Nutzanwendung mit den der Anstalt gesteckten Aufgaben hat, sind dabei hervorgetreten und haben dazu geführt, bestimmte Vereinbarungen über die gegen-

1) Stenographische Berichte des Hauses der Abgeordneten. 51. Sitzung vom 19. März 1902, S. 3601. — Bericht der Commission des Herrenhauses für den Staatshaushalts-Etat und für Finanz-Angelegenheiten vom 1. Mai 1902, S. 12.

2) Vergl. Dr. Schmidtmann, Rückblick auf den Stand der Städteassanirung. Suppl. d. Vierteljahrsschrift f. ger. Med. u. öffentliches Sanitätswesen 1900.

Digitized by Google

seitige Unterstützung und die gemeinsame Arbeit der beiden Staatsanstalten zu treffen.

Dankbare Erwähnung verdienen namentlich auch die Herren, welche sich selbst unter Zurückstellung eigener Interessen in den Dienst der Sache gestellt haben und willig dem Rufe gefolgt sind, im Auftrage der Anstalt als Gutachter zu wirken, wenn es galt, den allgemeinen Interessen und der Sache der Anstalt mit ihrem reichen Specialwissen und ihren Erfahrungen zu dienen. Vor allem kommt hier das bautechnische Gebiet in Betracht, das bei Gutachten über Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung neben der hygienisch-chemischen Beurtheilung vielfach zu berücksichtigen ist, ja öfters in den Vordergrund tritt und eingehende Beachtung erheischt, wenn ein brauchbares Gutachten geschaffen werden soll, auf welchem das Vorgehen einer Gemeinde pp. fussen kann.

In Berücksichtigung dieses Gesichtspunktes war bei der Gründung der Anstalt die Anstellung eines Ingenieurs vorgesehen. Wenn dabei gedacht war, es könne diese Thätigkeit von einem jüngeren Fachtechniker oder im Nebenamt ausgeführt werden, so war dabei ausser Acht gelassen, wie gross die Nachfrage, wie gering das Angebot geeigneter Fachkräfte ist, und dass die Gewinnung solcher Specialtechniker da besonders schwierig ist, wenn Begutachtungen in autoritativer Form in Betracht kommen. Für solche Anstaltsgutachten konnten also nur fertige Männer mit reicher praktischer Erfahrung herangezogen werden. Ausreichende Mittel zur Gewinnung und dauernden Festhaltung derartiger Kräfte standen der Anstalt nicht zur Verfügung; aber eine Schwierigkeit ist trotzdem dem Anstaltsbetrieb dank dem freundlichen Entgegenkommen der Fachkreise nicht entstanden. Sachlich hat dies allerdings das gegen sich, dass die Erfahrungen, die der einzelne fallweise Gutachter erwirbt, nicht der Anstalt dauernd bleiben. Es wird eine anderweite festere Gestaltung der Anstalt nach der bautechnischen Seite hin eine zwingende Nothwendigkeit, wenn dem beherzigenswerthen Gedanken, welchen Herr Oberbürgermeister Zweigert in der Budgetcommission des Herrenhauses angeregt hat, Fortgang gegeben werden soll, Unterweisungscurse für die Kreisbaubeamten in der Anstalt einzuführen.

Die hier erwähnte erfreuliche Unterstützung, welche der Anstalt bei den Communen, Industrien und Privatkreisen geworden ist, hat nunmehr eine feste Gestaltung und sichere Grundlage gewonnen durch die Schaffung des Vereins für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Durch diesen Verein werden bisher

55 der grösseren und grössten Städte Preussens und 11 der vornehmsten technischen Verbände[1]) zusammengeschlossen zu dem einen Zweck, die wichtigen Aufgaben der Landescentralstelle für Wasser-

---

1) **Mitgliederliste**

des Vereins für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

1. Deutscher Brauerbund, Frankfurt a. M.
2. Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern, Berlin.
3. Verein der deutschen Zuckerindustrie, Berlin.
4. Verein deutscher Ingenieure, Berlin.
5. Verein deutscher Papierfabrikanten, Berlin.
6. Verein deutscher Zellstofffabrikanten, Berlin.
7. Verein f. d. bergbaulichen Interessen im Oberbergamtsbezirk Dortmund, in Essen a. R.
8. Verein für städtische Gesundheitswerke, Berlin.
9. Verein zur Entwässerung des Emscherthales in Essen a. R.
10. Verein z. Wahrung d. Interessen d. chemischen Industrie Deutschlands, Berlin.
11. Verkaufssyndikat der Kaliwerke, Leopoldshall-Stassfurt.
12. Stadtgemeinde Aachen.
13. „ Allenstein.
14. „ Altona.
15. „ Barmen.
16. „ Berlin.
17. „ Beuthen.
18. „ Bielefeld.
19. „ Breslau.
20. „ Bromberg.
21. „ Cassel.
22. „ Charlottenburg.
23. „ Cöln.
24. „ Crefeld.
25. „ Dortmund.
26. „ Düren.
27. „ Düsseldorf.
28. „ Duisburg.
29. „ Elberfeld.
30. „ Essen a. R.
31. „ Flensburg.
32. „ Frankfurt a. M.
33. „ Frankfurt a. O.
34. „ Göttingen.
35. „ Graudenz.
36. Gemeinde Grunewald.
37. Stadtgemeinde Hagen.
38. „ Hamm.
39. „ Hanau.
40. Stadtgemeinde Harburg.
41. „ Herne.
42. „ Hildesheim.
43. „ Hörde.
44. „ Iserlohn.
45. „ Kattowitz.
46. „ Kiel.
47. „ Königshütte.
48. „ Magdeburg.
49. „ Mülheim a. Rh.
50. „ Mülheim a. Ruhr.
51. „ M.-Gladbach.
52. „ Oberhausen.
53. „ Oppeln.
54. „ Posen.
55. „ Potsdam.
56. „ Recklinghausen.
57. „ Remscheid.
58. „ Schöneberg bei Berlin.
59. „ Schweidnitz.
60. „ Solingen.
61. „ Stettin.
62. „ Thorn.
63. „ Tilsit.
64. „ Trier.
65. „ Wiesbaden.
66. „ Witten.

Digitized by Google

versorgung und Abwässerbeseitigung durch ihre Mitarbeit werkthätig zu fördern und zu unterstützen.

Es haben bereits die Verhandlungen zwischen dem Verein für Wasserversorgung und der Ministerialcommission stattgefunden, in welchen die **Grundsätze** für die **gemeinsame Arbeit** vereinbart worden sind[1]). Sie bewegen sich in der Richtung: eine Gemeinsamkeit herzustellen für die Stellung der Aufgaben, der Ausarbeitung des Arbeitsplanes. Sie gehen weiter dahin, der Anstalt durch Vermittelung

---

1) Berlin, den 14. April 1902.

Grundsätze

für die gemeinsame Arbeit der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung mit dem Verein für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin.

Der Vorstand des Vereins hat die Berechtigung, der Königlichen Versuchs- pp. Anstalt bestimmte, im Interesse des Vereins liegende Aufgaben vorzuschlagen. Von der Anstalt und dem Vereinsvorstande soll alsdann gemeinsam berathen werden, ob und wann die vorgeschlagenen Aufgaben bearbeitet werden sollen. Es wird hierbei solchen Aufgaben vor anderen, ebenfalls vorgeschlagenen, der Vorzug zu geben sein, mit deren Bearbeitung einem grösseren, sei es allgemeinen, sei es speciellen Interesse bestimmter Städte oder Industrien entsprochen wird.

Ebenso wird in gemeinsamer Berathung zwischen der Anstalt und dem Vereinsvorstande der allgemeine Plan vereinbart, nach welchem die einzelnen Arbeiten auszuführen sind. Bei diesen Berathungen dürfen die Vorstandsmitglieder, die Städte oder Verbände sich durch andere vertreten lassen. Ausserdem dürfen, im beiderseitigen Einverständnisse, auch noch andere Personen hinzugezogen werden, welche ihren Kenntnissen und ihrer speciellen Erfahrung nach besonders geeignet erscheinen, in den in Betracht kommenden Fällen durch ihre Mitberathung und mit ihrem Urtheil die Sache zu fördern.

Bei der Ausführung der Arbeiten können Untersuchungen und Feststellungen auch ausserhalb der Anstalt den von Vereinsmitgliedern unterhaltenen Untersuchungsanstalten bezw. den von ihnen angestellten oder zu diesem Zweck anzustellenden Personen übertragen werden, unter der Voraussetzung, dass die anzuwendenden Methoden der Untersuchung bezw. die Thätigkeit des Einzelnen den allgemeinen Grundsätzen der Anstalt und dem für die in Frage kommende Untersuchung speciell aufgestellten Arbeitsplan sich einfügt und dass eine sachverständige Controle hierüber nach Bedarf von der Anstalt ausgeübt werden kann.

Soweit zum Zwecke der mit der Arbeit verbundenen Versuche geeignete Anlagen im Besitze von, bei den jeweiligen Arbeiten besonders interessirten Vereinsmitgliedern (Städten, Industrien) vorhanden sind, wird angenommen, dass diese für die Arbeiten der Anstalt zur Verfügung gestellt werden. Macht die Ausführung der Versuche, mangels geeigneter vorhandener, besondere Anlagen nöthig, so

Digitized by Google

des Vereins praktisch erfahrene Männer zur Verfügung zu stellen, deren sie insbesondere auch bei der Frage über die wirthschaftliche Durchführbarkeit benöthigt. Im gleichen Sinne sollen auch die Centralinstanzen die Möglichkeit haben, erfahrene Männer der Praxis zu hören, wenn es sich darum handelt, allgemeine Massnahmen auf dem Gebiete der Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung vorzubereiten, die Consequenzen für die Betheiligten und insbesondere die Durchführbarkeit zu prüfen.

---

können hierzu Mittel des Vereins verwendet werden. Im Uebrigen sind die Verwendung der vom Verein und von der Anstalt zur Verfügung zu stellenden Beträge zur Bestreitung der sächlichen und persönlichen Kosten in dem mit dem Arbeitsplan aufzustellenden Kostenanschlag so weit als möglich ersichtlich zu machen.

Der Verein hat das Recht, bei Zusammenfassung der Ergebnisse der Arbeiten mitzuwirken, aber auch die Pflicht, auf Ersuchen in der betreffenden Sache specielle Sachverständige nambaft zu machen und zur Verfügung zu stellen, welche die aus den Arbeiten sich ergebenden Schlussfolgerungen einschliesslich der etwa als erwünscht oder nothwendig erscheinenden allgemeinen Massnahmen einer Prüfung, insbesondere hinsichtlich ihrer praktischen und wirthschaftlichen Durchführbarkeit, unterziehen. Voraussetzung hierbei ist, dass die mit der Begutachtung betrauten Personen kein finanzielles oder sonst persönliches Interesse an der Sache haben.

In gleichem Sinne sagt der Verein seine Mitwirkung zu bei beabsichtigten Erlassen, sowie bei Festlegung allgemeiner Grundsätze für die Behandlung der auf dem Gebiete der Wasserversorgung, der Reinhaltung der Wasserläufe, der Beseitigung der festen Abfallstoffe und anderer auf dem Gebiete der allgemeinen Städtereinigung liegenden Fragen; insbesondere ist diese Mitwirkung gedacht durch Präsentation von auf diesem Gebiete praktisch erfahrenen Männern, soweit deren Mitwirkung als zweckmässig, nach Ansicht der betheiligten Ministerien, erscheinen sollte.

Wenn von Gemeinden, die dem Verein angehören, und von Industriellen, die Mitglieder von Verbänden sind, die dem Verein angehören, und die dadurch an den Tag legen, dass sie die Ziele der Königlichen Versuchs- pp. Anstalt unterstützen, Aerzte, Chemiker, Techniker u. s. w. namhaft gemacht werden, die in den Untersuchungsmethoden der Anstalt unterwiesen werden sollen, so erklärt sich die Prüfungsanstalt bereit, ihnen hierzu Gelegenheit zu geben, soweit ihr dies mit ihrer sonstigen Zweckbestimmung und mit den räumlichen Verhältnissen vereinbar erscheint*).

Ebenso wird den oben bezeichneten Mitgliedern des Vereins für Untersuchungen, die auf ihren Antrag ausgeführt werden, ein Rabatt von 25 pCt. auf die Gebührentaxe der Anstalt gewährt, wie dies in gleicher Weise bei den Arbeiten, die im Auftrage der Staatsbehörden ausgeführt werden, geschieht.

---

*) Anm.: In diesem Sinne hat auf Antrag der Stadtgemeinde Barmen der dortige Stadtchemiker bereits Unterweisung in der Anstalt erfahren.

Digitized by Google

Der Verein hat für die genannten Zwecke für das Jahr 38,000 M. und zwar zunächst auf die Dauer von 5 Jahren sicher gestellt. Es ist dies eine willkommene Beihülfe, durch welche es möglich wird, unbeengt durch die bei Staatsfonds gegebene, mehr oder weniger umständliche Rechnungslegung in weitlaufender Begründung, dringliche allgemeine Aufgaben in grossem Style in Angriff zu nehmen.

Höher als die finanzielle Beihülfe ist jedoch der Gewinn zu schätzen, der von der lebendigen Wechselbeziehung zwischen der Anstalt einerseits und den Communen und Industrien andererseits zu erhoffen ist.

Durch die Anstalt und den Verein ist zwischen den Centralinstanzen und den Provinzialinstanzen, der Staats- und Communalverwaltung, den allgemeinen öffentlichen und den Interessen Privater eine Brücke geschlagen, auf der ein Ausgleich und eine Verständigung bei etwaiger gegentheiliger Auffassung über die allgemeinen Massnahmen zur Förderung der guten Wasserversorgung oder zum Schutze der bedrohten Reinheit unserer Gewässer möglich ist. Bedenken gegen die Zweckmässigkeit und Durchführbarkeit geplanter Massnahmen können rechtzeitig geltend gemacht, berechtigte Wünsche für Schonung von bedrohten Interessen und Vorschläge zu anderweiter Gestaltung an zuständiger Stelle vorgebracht werden. Die durch die neue Anstalt geschaffene Vereinigung der staatlichen und privaten Bestrebungen zu einem gemeinsamen grossen Ziele kann in der Zukunft vorbildlich auch auf manch anderem Gebiet werden."

Die Erwartung erscheint berechtigt, dass durch diese gemeinsame Arbeit die Zwecke der neuen Anstalt mehr denn je gesichert sind, und dass es auf diesem Wege gelingen wird, die schwierigen Aufgaben auf dem Gebiete der Wasserversorgung und Beseitigung der festen und flüssigen Abfallstoffe plan- und zielbewusst ihrer Lösung entgegenzuführen und die Missstände, die bisher hervorgetreten sind, ohne unnütze Härten für die Communen und die betheiligten Industrien allmählich zu beseitigen und in Zukunft zu verhindern.

Nun noch einige Worte über die in diesem Hefte dargebotenen Arbeiten. Ihre Auswahl ist so getroffen, dass dabei die Hauptgebiete der Anstaltsthätigkeit thunlichst berücksichtigt sind, und dass möglichst viele der in der Anstalt thätigen Herren mit einer wissenschaftlichen Arbeit hervortreten.

Die Arbeit von Dr. Marsson und Dr. Kolkwitz giebt den

Digitized by Google

Stand der Bestrebungen an, welche seit Jahren darauf gerichtet sind, die Fauna und Flora für die Beurtheilung der reinen und durch Zuflüsse veränderten Gewässer zu verwerthen und die Grundlagen für die Begutachtung zu erweitern. Die in Fortführung der Untersuchungen aus den Jahren 1899/1900[1]) weiter ausgebildete Methode hat sich wiederholt als sehr werthvoll bei der Erstattung von Gutachten erwiesen. Insbesondere ist ihre Bedeutung unverkennbar in den Fällen, in denen ein zeitweiliger Abfluss von unreinem Wasser, z. B. aus gewerblichen Anlagen, in Frage kommt. Hier muss die chemische Analyse bei allen Proben, welche ausser der Zeit der in der Regel Nachts stattfindenden Verschmutzung gewonnen sind, versagen, während die sachverständige Prüfung der (festsitzenden) thierischen und pflanzlichen Lebewelt an den Ufern, dem Flussboden, Schlamm, d. h. das biologische Gesammtbild des Flusses, noch den sicheren Nachweis der Verunreinigung bringt, und oft auch aus dem Umfange charakteristischer Befunde Rückschlüsse auf Zeitdauer, Art und Grad des stattgehabten unreinen Zuflusses gestattet.

Das Studium des zuerst von Dr. Kolkwitz in Reincultur gewonnenen Leptomitus hat uns gelehrt, dass dieser Pilz nicht etwa erst mit den Abwässern in die Vorfluth gelangt, sondern sich bereits darin findet und durch die Abwässer alsdann zu seinem Wachsthum angeregt wird. Seine üppige Vegetation ist fernerhin nicht auf ein ungewöhnliches Specificum — als welches man die Kohlehydrate der Zuckerfabrikabwässer anzusehen geneigt war — zurückzuführen. Der Pilz nimmt bezüglich seiner Ernährung keine Sonderstellung ein und gelangt ebenso gut durch an organischen Massen reiche städtische Abwässer wie durch solche aus Zuckerfabriken zu üppigem Wachsthum. Wird die Ernährung ungünstig, so ist seinem Längenwachsthum im Allgemeinen ein Ziel gesetzt, und er schickt sich zur Schwärmsporenbildung an. Die letztere giebt uns also die Grenze der Hauptwachsthumszone an, bei der das Wasser bereits eine so weitgehende Reinigung erfahren hat, dass es zur vollen Ernährung

1) Vergl. Vierteljahrsschrift f. gerichtliche Medicin u. öffentl. Sanitätswesen. Suppl. 1900: Schmidtmann, Rückblick auf den Stand der Städteassanirung. S. 170 ff. — Die bez. Arbeiten d. Min.-Commission sind veröffentlicht ebenda, Suppl. 1901, S. 61—218 unter dem Titel: Lindau, Schiemenz, Marsson, Elsner, Proskauer und Thiesing, Hydrobiologische und hydrochemische Untersuchungen über die Vorfluthersysteme der Bäke, Nuthe, Panke und Schwärze.

Digitized by Google

des Pilzes nicht mehr genügt. Diese wissenschaftliche Erforschung der Lebensbedingungen des Leptomitus kann unter Umständen von weittragender Bedeutung für die Anordnung von Massnahmen sein, welche die Beseitigung des Pilzes in einem Gewässer und der dadurch hervorgerufenen bekannten Missstände bezwecken, und bietet damit ein charakteristisches Beispiel für die Nutzanwendung der botanischen Wissenschaft auf diesem Gebiete der Praxis.

Die Arbeiten von Dr. Thumm, Dr. Pritzkow und Dr. Emmerling beschäftigen sich mit dem sogenannten biologischen Reinigungsverfahren, das mit Recht noch immer im Vordergrund des Interesses steht. Die Darlegungen dürften auch denen, welche die vorzügliche Beschreibung von Prof. Dunbar und Dr. Thumm in dem vor kurzem erschienenen Buche: Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwässerreinigungsfrage mit besonderer Berücksichtigung der biologischen Reinigungsverfahren[1]) studirt haben, immerhin noch einiges Neue, namentlich bezüglich der praktischen Handhabung und der wissenschaftlichen Aufklärung bieten.

In dem Aufsatze des Dr. Thiesing wird die Beseitigung der festen Abfallstoffe des Hauses (Müll) behandelt. Als Richtschnur für die Lösung dieser für die Städte mehr und mehr brennend werdenden Frage muss hingestellt werden, dass alle der Abfuhr verbleibenden Abfallstoffe des Hauses (Müll), der Strasse (Kehricht, Absatz der Gullies) und des Verkehrs (Cadaver u. s. w.), ebenso wie die flüssigen systematisch so bald bezw. so oft und so rasch als möglich aus dem Bereiche des Menschen, des menschlichen Verkehrs und des Häusermeeres der Stadt in hygienisch einwandsfreier Weise herausgeschafft werden. Das bedingt in den Grossstädten die Schaffung geeigneter Centren nach dem Vorschlage von Röhrecke[2]), an denen die Einrichtungen zur ordnungsmässigen Stapelung dieser Stoffe bis zur Dauer von längstens 1 Tag getroffen sind. Von diesen Centren aus muss, zweckmässig zur Nachtzeit, die Fortschaffung auf dem Schienen- bezw. Wasserweg zu dem Bestimmungsort ausserhalb erfolgen. Ob man alsdann hier das Müll landwirthschaftlich benutzt, es nach Art des Budapester Systems oder des Differenzirsystems der Charlottenburger Abfuhrgesellschaft ganz oder theilweise verwerthet, es verbrennt oder schmilzt, ob man die Cadaver einscharrt

1) München und Berlin. 1902. R. Oldenbourg.

2) B. Röhrecke, Müllabfuhr und Müllbeseitigung. Berlin 1901.

Digitized by Google

oder in besonderen Cadaververnichtungsapparaten behandelt, ist eine Frage von mehr secundärer Bedeutung, die je nach den gegebenen Verhältnissen zweckdienlich zu entscheiden ist.

In der Arbeit der Herren Stadtbaurath Höpfner und Dr. Paulmann gelangt zum ersten Male die fabrikatorische Schlammverwerthung nach dem Degener'schen System in der bisher einzigen derartigen Anlage der Casseler Maschinenbau-Actiengesellschaft zur öffentlichen Besprechung. Das Ergebniss, dass nach der seitherigen Erfahrung anzunehmen ist, dass nach dem beschriebenen Verfahren die Schlammrückstände von Kläranlagen in technisch, hygienisch und wirthschaftlich befriedigender Weise verarbeitet werden können, wird für viele Communen eine erfreuliche Kunde sein. Als eine eigenthümliche Erscheinung ist zu erwähnen, dass in dem Momente, wo die Stadt Cassel durch einen äusserst vortheilhaften Vertrag mit den Besitzern der Klärschlammverwerthungsanlage der Sorge für die Schlammbeseitigung überhoben ist, sich die Nachfrage seitens der Landwirthe ganz erheblich gesteigert hat, so dass statt 3040 cbm im Jahre 1899 8973 cbm Schlamm im Jahre 1901 an die Landwirthe abgegeben wurden.

Bei der von den Herren Beigeordneten Geusen und Dr. Loock besprochenen Entwässerung der Stadt Düsseldorf[1]) ist bemerkenswerth, wie ein gut durchgeführtes mechanisches Reinigungsverfahren zur Zeit bewerthet wird. In folgerichtiger Ausnutzung der bei verschiedenen Anlässen kundgegebenen Stellungnahme der Aufsichtsinstanzen gegenüber der auf mechanischem Wege zu erstrebenden grösstmöglichen Reinigung der Kanalwässer ist mit Erfolg eine Verbesserung der Kläranlagen nach dieser Richtung durchgeführt worden. Die Vorrichtungen zum Abfangen der Schwimm- und Schwebestoffe sind nach den Systemen Riensch und Schneppendahl in bemerkenswerther Weise bis in die neueste Zeit vervollkommnet. Die Wirkung solcher Apparate ist in dem Masse eine gute und die Befreiung der Kanalwässer von Schmutzstoffen eine ergiebige, als es gelingt, die in den Abwässern mitgeführten Stoffe vor Zerfall durch Reibung oder Zersetzung zu schützen. Daher ist die Verlegung der Kanäle mit möglichst gleichmässigem, ausreichendem Gefälle, die glatte Wandung der Röhren und Kanäle, die nicht durch Schlammfänge unterbrochene

1) Aus äusseren Gründen kann diese Arbeit erst in dem nächsten Hefte zum Abdruck gebracht werden.

Digitized by Google

Durchführung des Sohlengefälles, die Beseitigung von Ueberläufen aus Abortgruben, die regelmässige und möglichst reichliche Spülung der Kanäle (eventuell auch der Kläranlage, wenn Nachts der Betrieb sistirt wird) mit reinem Wasser, eine gute Entlüftung und alle sonstigen Massnahmen zu fördern, die geeignet sind, die faulige Zersetzung der Kanalwässer resp. die Auslaugung der festen excrementellen Stoffe möglichst zu verhindern und den Abflüssen den Charakter des Spülwassers, nicht aber den der Spüljauche zu verleihen. In dieser Richtung können sich unter Umständen wesentliche Erleichterungen in den Anforderungen für den Klärbetrieb in Zukunft ergeben. Die Anstalt betrachtet es als eine besonders dankenswerthe Aufgabe, durch sachgemässe Beobachtung die Wirkung an den verschiedenen Anlagen für die mechanische Reinigung festzustellen und die Ergebnisse zu weiterer Nutzanwendung zu sammeln.

So möge denn das erste Heft der „Mittheilungen aus der Königlich Preussischen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung“ hinausgehen und weiteren Kreisen Kunde geben von dem, was bisher geleistet ist, was gewollt und erstrebt wird. Sachliche Kritik kann nur den einen Erfolg bei allen der Anstalt zugehörigen Personen zeitigen, den grossen, der Anstalt gesteckten Zielen und Aufgaben sich auch fernerhin voll und ganz hinzugeben und zur Förderung der damit verbundenen wichtigen staatlichen, communalen und privaten Interessen ihre Kräfte einzusetzen.

Dr. Schmidtmann,
Geheimer Ober-Medicinalrath,
Anstaltsleiter.

Dr. Günther,
a. o. Professor der Hygiene,
Anstaltsvorsteher.

Digitized by Google

1.

Grundsätze für die biologische Beurtheilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna.

Von

Privatdocent Dr. **R. Kolkwitz**, Wissenschaftlichem Mitglied

Dr. **M. Marsson**, Wissenschaftlichem Mitarbeiter

der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Eintheilung der Arbeit.

		Seite
I.	Einleitung	33—35
II.	Geschichtliches	35—43
III.	Ueber Leit-Organismen für Verunreinigung	43—51
IV.	Ueber Leit-Biocoenosen für Verunreinigung	51—56
V.	Ueber die Beziehungen zwischen Chemie, Botanik und Zoologie bei der Wasseruntersuchung	56—60
VI.	Ueber die Vorbedingungen für hydrobiologische Studien	60—64
VII.	Ueber Indicatoren für Verschmutzung	64—67
VIII.	Ueber die botanisch-zoologische Untersuchung und Beurtheilung des Trinkwassers	67—68
IX.	Ueber den wissenschaftlichen Ausbau der botanisch-zoologischen Wasseranalyse	68—70
X.	Schlussbetrachtungen	70—72

I. Einleitung.

Als mit der Begründung der Anstalt am 1. April 1901 auch der Botanik und Zoologie dort ein Arbeitsfeld bei der Beurtheilung der Gewässer angewiesen wurde, konnten die nun beginnenden Forschungen sich bereits auf ausgedehnte Vorarbeiten stützen.

Auf Anregung des Leiters der Anstalt, des Geh. Ober-Medicinalraths Dr. Schmidtmann, war im Jahre 1899 eine staatliche Commission zusammengetreten, welche aus Chemikern, Bakteriologen, Botanikern und Zoologen bestand und die Aufgabe hatte, gemein-

schaftlich ein Jahr lang eine Reihe verschmutzter Wasserläufe in der Nähe von Berlin nach einem bestimmten Plane zu untersuchen[1]).

Der Genannte hatte die grosse Wichtigkeit solcher umfassenden Untersuchungen erkannt und veranlasste die Commission, nicht blos die Mikrofauna und -Flora der Gewässer zu berücksichtigen, sondern das gesammte Thier- und Pflanzenleben in seiner Abhängigkeit von der Beschaffenheit der den Vorfluthern zugeleiteten Schmutzwässer zu erforschen. Es verdient diese Initiative deshalb besondere Erwähnung, weil Mez in seinem sogleich zu besprechenden wichtigen Buche zwar den mikroskopisch kleinen Lebewesen grosse Aufmerksamkeit schenkt und dementsprechend sein Buch auch: „Mikroskopische Wasseranalyse" betitelt, aber Muscheln, Schnecken, Würmer, Räderthiere, Krebschen, Insectenlarven u. s. w. nicht berücksichtigt. Die höher stehenden Vertreter der Mikrofauna sowie die höhere Fauna und Flora sind indessen für das Leben in den Gewässern, für die Wechselbeziehungen zwischen Thier und Pflanze und deren Abscheidungs- und Zersetzungsproducte von nicht minder grosser, wenn nicht bisweilen von grösserer Bedeutung als die Protozoen und die Mikroflora.

Es war eine wesentliche der der Commission gestellten Aufgaben, so zu sagen Charakterorganismen, also Leitthiere und Leitpflanzen, ähnlich wie die Geologie Leitfossilien benöthigt, als kennzeichnend für bestimmte Abwasser-Verunreinigungen nach Möglichkeit festzustellen, um diese Befunde im Verein mit den bakteriologischen und chemischen Ermittelungen künftig zur gutachtlichen Entscheidung verwerthen zu können.

Unseres Wissens liegt hier die erste Arbeit vor, welche durchaus folgerichtig die Ansicht zum Ausdruck bringt und auch praktisch durchführt, dass alle einschlägigen Wissenszweige zur Beurtheilung des Reinheits- bezw. Verschmutzungsgrades des Wassers gebotenen Falls Verwendung finden müssen[2]). Dieses Princip ist dementsprechend

---

1) Lindau, Schiemenz, Marsson, Elsner, Proskauer u. Thiesing, Hydrobiologische und hydrochemische Untersuchungen über die Vorfluther-Systeme der Bäke, Nuthe, Panke und Schwärze. Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medicin u. öffentliches Sanitätswesen. 3. Folge. XXI. 1901. Supplementheft.

Als eine Art Referat dieser Publication ist eine Arbeit von Lindau in der Naturwissenschaftlichen Wochenschrift 1902: „Ueber Abwässerorganismen und die Erforschung ihrer Biologie" anzusehen.

2) Vergl. auch F. Hulwa, Die Selbstreinigung der Flüsse. Vortrag, gehalten am 28. Aug. 1894 vor dem V. Deutschen Fischereitage zu Breslau. 1894. S. 10.

Digitized by Google

in der neu gegründeten Anstalt seit ihrem Bestehen durchgeführt worden und, wie sich gezeigt hat, mit Erfolg.

Die im März 1899 begonnenen und in allen Monaten des Jahres fortgeführten Arbeiten der Commission haben die Sache sehr gefördert und zwar im Wesentlichen durch die Feststellung derjenigen Factoren, welche bei solchen Untersuchungen in Betracht kommen und besonders beachtet werden müssen. Bezüglich der praktischen Ergebnisse drückte sich die Commission sehr vorsichtig aus (l. c. S. 155—158) und betonte die Nothwendigkeit weiterer eingehender Studien.

Solche Untersuchungen haben wir nun ein Jahr lang ausgeführt und zwar bei Gelegenheit von Flussbegehungen, bei Studien auf den Rieselfeldern und an Kläranlagen, sowie durch physiologische Experimente, und sind dadurch zu ganz bestimmten Schlüssen gekommen, wie wir im Folgenden darlegen werden. Hat sich doch gezeigt, dass den zoologischen und botanischen Feststellungen eine erhebliche, manchmal sogar ausschlaggebende Bedeutung neben den chemischen und bakteriologischen Befunden zukommt; auch wurde ferner erwiesen, dass die durch die verschiedenen Methoden erzielten Resultate sich im Wesentlichen, ja meist vollständig decken.

Die hervorragenden Dienste, welche Chemie und Bakteriologie bei der Untersuchung und Beurtheilung des Wassers geleistet haben, sind seit langem anerkannt; dagegen fehlt es der floristischen und faunistischen Untersuchungsmethode in weiteren Kreisen an der gebührenden Beachtung. Dieser Umstand erklärt sich leicht aus der Thatsache, dass unsere Methode in ihrer erfolgreichen Anwendung auf praktische Fragen noch ganz jungen Datums ist und entsprechend der Schwierigkeit dieses Gebietes noch einer gründlichen Durcharbeitung bedarf, deren sich die anderen Methoden schon seit längerer Zeit erfreuen.

II. Geschichtliches.

Bereits in den siebziger Jahren waren in Deutschland durch Ferdinand Cohn einige Grundzüge der mikroskopischen Wasseruntersuchung, wie er sich ausdrückte[1]), speciell des Brunnenwassers, in der Hauptsache festgelegt, d. h. es war Cohn gelungen, über das

1) Ferd. Cohn, Ueber den Brunnenfaden (Crenothrix polyspora) mit Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. 1. 1875. S. 109, 110.

Digitized by Google

blosse Constatiren gewisser Organismen im Wasser hinauszukommen und aus deren Vorkommen bestimmte Schlüsse bezüglich des Reinheits- bezw. Verunreinigungsgrades des Wassers zu ziehen. Die Anregung zu solchen Studien hatte Cohn im Wesentlichen wohl durch die Hinzuziehung zur Untersuchung von Mineralquellen, Thermen, Schwefelquellen sowie von Brunnen zu Epidemiezeiten empfangen. Damals hatte unser Autor schon eine ganze Reihe von Erfahrungen gesammelt, denn bereits im Jahre 1853 wurde von ihm eine kleinere Arbeit veröffentlicht, in welcher er von „mikroskopischer Brunnenanalyse" spricht[1]).

Wichtige Gesichtspunkte bezüglich der uns hier interessirenden Fragen veröffentlichte Gérardin[2]) im Jahre 1873. Um diese Zeit waren durch die Abwässer von Zucker- und Stärkefabriken, von Färbereien, durch Wirthschaftswässer u. s. w. in dem Flüsschen Croult bei Paris arge Calamitäten entstanden. Es bildeten sich in dem vorher reinen Gewässer nach Einleiten der Verunreinigungen ganze Bänke von Fisch- und Molluskenleichen. Viele Schnecken kletterten in ihrer Bedrängniss an den Stengeln der Wasserpflanzen in die Luft, während die Frösche das Wasser verliessen. Die Culturen der Brunnenkressenzüchter starben durchweg ab, und dem Wasser entstiegen so intensive Schwefelwasserstoffgerüche, dass das blanke Kupfergeschirr in den Küchen der am Ufer gelegenen Häuser anlief; in einem Wassermühlrad allein hatten sich über 20 kg Beggiatoen (Schwefelbakterien) festgesetzt.

Gérardin wurde durch diese Erscheinungen auf die Bedeutung der Organismen (höheren Wasserpflanzen, Schnecken, Blutegel, Insectenlarven, Fadenalgen und -pilzen etc.) für die Beurtheilung der Wässer hingewiesen. Wenn auch die Protozoen und Räderthiere nur als solche genannt und die Kieselalgen sowie Planktonfänge überhaupt nicht berücksichtigt wurden, so sind seine freilich nur auf diesen einen Fall bezüglichen Ausführungen doch sehr beachtenswerth, zumal er auch auf die Wichtigkeit der Bestimmung des gelösten Sauerstoffs hinwies.

Auf diese Arbeiten folgten dann bald diejenigen Anderer; so

---

1) Ferd. Cohn, Ueber lebendige Organismen im Trinkwasser. Zeitschrift f. klinische Medicin von Dr. Günsberg. IV. Jahrg. 1853. S. 229—237.

2) Gérardin, Rapport sur l'altération, la corruption et l'assainissement des rivières. Archives des missions scientifiques et littéraires. Choix de rapports et instructions publié sous les auspices du ministère de l'instruction publique, des cultes et des beaux-arts. 3. série, t. I, 1873. p. 461—524.

wollen wir aus dem Jahre 1879 eine Veröffentlichung von Prof. Hirt[1]) erwähnen, welche mit folgenden Worten beginnt: „Die mikroskopische Untersuchung des Wassers hat zunächst den Zweck, die Resultate der chemischen Analyse zu controliren resp. zu bestätigen, dann aber auch in zweiter Reihe, sie zu ergänzen und zu erweitern. Wenn der Chemiker uns mittheilt, dass in dem untersuchten Wasser eine so und so grosse Menge „organischer Substanzen" enthalten sind, so müssen wir mit dieser Angabe, auch wenn wir nicht wissen, welcher Art diese Substanzen[2]) sind, nothgedrungen zufrieden sein; der Mikroskopiker dagegen ist im Stande, uns über die Natur derselben, namentlich ihr morphologisches Verhalten, ins Klare zu setzen". Es folgen dann noch Bemerkungen darüber, dass die mikroskopische und chemische Analyse nach seinen Erfahrungen sich decken (trotzdem er noch nicht typische Organismen zur Beurtheilung heranziehen konnte), was praktisch natürlich von grossem Werth war.

Am Anfang der achtziger Jahre wurden die Untersuchungen Cohn's auch in den hygienischen Lehrbüchern von Flügge[3]), Wolffhügel[4]) und wohl auch anderen angeführt, zum Theil unter Beifügen von Figuren; aber damals und auch in den folgenden Jahren konnte sich die neue Methode trotz der tüchtigen Gutachten Cohn's[5]) noch nicht recht heimisch machen, wohl sicher deshalb nicht, weil eine

---

1) L. Hirt, Ueber die Principien und die Methode der mikroskopischen Untersuchung des Wassers. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 15. 1879. S. 91—97. — Vergl. auch W. Ohlmüller, Die Untersuchung des Wassers. 2. Aufl. 1896. S. 89.

2) Hier sind natürlich die ungelösten organischen Substanzen gemeint.

3) Flügge, Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden. 1881. S. 230, 304.

4) Wolffhügel, Wasserversorgung; aus Pettenkofer-Ziemssen: Handbuch der Hygiene u. der Gewerbekrankheiten. 1882. S. 130, 134.

5) Ferd. Cohn, Gutachten über die Abwässer verschiedener Rübenzuckerfabriken im Winter 1881, erstattet auf Grund mikroskopischer Untersuchungen. Enthalten in: Denkschrift über die vergleichende Prüfung verschiedener Verfahren zur Reinigung der Abflüsse aus Rohzuckerfabriken. (In verhältnissmässig wenigen Exemplaren gedruckt als Beilageheft zur Zeitschrift des Vereins f. d. Rübenzucker-Industrie des deutschen Reiches, S. 21—48.)

Derselbe, Gutachten über die Abwässer verschiedener Zuckerfabriken, erstattet auf Grund mikroskopischer Untersuchungen im Winter 1884/85. Enthalten in: Die Ergebnisse der in der Campagne 1884—85 angestellten amtlichen Versuche über die Wirksamkeit verschiedener Verfahrungsweisen zur Reinigung der Abflusswässer aus Rohzuckerfabriken. Ebenda 1886. Magdeburg.

Digitized by Google

ziemliche Formenkenntniss dieser kleinen Lebewesen unentbehrlich war und es noch an Gelegenheit fehlte, sich schnell mit ihnen vertraut zu machen. Mikroskopische Untersuchungen grösseren Umfanges wurden nur einige Mal gelegentlich ernster Wassercalamitäten vorgenommen, auch in Amerika und England.

Inzwischen hatte sich dann mit bewunderungswürdiger Schnelligkeit die durch Rob. Koch angebahnte bakteriologische Methode Bahn gebrochen und die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich gelenkt.

Im Anfang der neunziger Jahre fristete unsere dem Studium der Protozoen, Pilze und Algen gewidmete Methode immer noch ein kümmerliches Dasein, was 1894 der Franzose Zune, der Chefredacteur des „Moniteur du Practicien“, mit lebhaften Worten beklagte[1]).

Gelegentlich wurde dann auch auf gewisse Schwierigkeiten hingewiesen, welche der Anwendung der neuen Methode noch im Wege ständen, so u. a. von Tiemann und Gärtner in ihrem bekannten Handbuche[2]).

1898 erschien dann das bereits erwähnte, grössere Werk von Mez[3]), welches „dem Begründer der mikroskopischen Wasseranalyse und Bakteriologie Herrn Geh. Regierungsrath Prof. Dr. Ferd. Cohn“ gewidmet ist. Mez gebührt das Verdienst, zum ersten Mal den uns interessirenden Gegenstand zusammenfassend gründlich bearbeitet und eine stattliche Anzahl pflanzlicher wie thierischer Organismen, welche im stark oder schwach verunreinigten Wasser ihre Lebensbedingungen zu finden gewohnt sind, namhaft gemacht zu haben.

Während Ferd. Fischer in seinem jüngst in 3. Auflage erschienenen Buch[4]) der botanisch-zoologischen Beurtheilung des Wassers ziemlich skeptisch gegenübersteht, schenkt ihr K. B. Lehmann[5]) in seinem bekannten Handbuch mehr Aufmerksamkeit und theilt gleichzeitig einige beachtenswerthe Regeln für die Wasseruntersuchung mit,

1) A. J. Zune, Traité d'analyse chimique, micrographique et microbiologique des eaux potables. Avec 414 figures dans le texte et 2 pl. coloriées hors texte. Paris et Bruxelles. 1894. p. 6.

2) Tiemann-Gärtner, Handbuch der Untersuchung und Beurtheilung der Wässer. Braunschweig 1895. Vierte Auflage. S. 446—451.

3) C. Mez, Mikroskopische Wasseranalyse. Berlin 1898.

4) Ferd. Fischer, Das Wasser. 3. Aufl. 1902.

5) K. B. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene. Zweite Auflage 1901.

Digitized by Google

welche wir hier wiedergeben möchten. So heisst es S. 257: „Eine eingehende Inspection lässt augenfällige Missstände sofort erkennen, es mag dabei ausser auf Farbe, Geruch, Oberflächenbeschaffenheit, Gasblasenaufsteigen, auf Vegetation (Algen, Wasserpilze und Phanerogamen) und Fischbestand geachtet werden.“ „Besondere Beachtung verdienen Stauwehre, die Stagnation und damit Fäulniss, Schwefelwasserstoffentwickelung, Sauerstoffzehrung, Fischsterben in hohem Maasse bedingen.“ Ferner heben wir einen Passus auf S. 259 hervor: „Die Untersuchung des Flussschlammes ist öfters mikroskopisch durchzuführen, um festzustellen, welche Industrien ihn namentlich bilden helfen. Zu achten ist auf: Textilfasern, Holz (Cellulosefabriken), vegetabilische Reste aus Thierkoth (Schlachthäuser), Muskelfasern (Menschenkoth) u. s. f.“ „Nach Mez“, heisst es S. 259, „bietet die Kryptogamenflora eines Wassers einen sehr werthvollen Maassstab zur Beurtheilung der Verunreinigung durch organische fäulnissfähige Substanzen, sie ist also möglichst zu sammeln und nach Mez zu bestimmen.“ S. 230: „Eine genauere Bestimmung des bunten Thier- und Pflanzenlebens in verunreinigten oder stagnirenden Brunnen u. s. w. ist selbst für den Specialisten schwierig und noch wenig in hygienischem Interesse ausgeführt.“

Diese Ausführungen Lehmann's haben deshalb unser Interesse erweckt, weil ihnen dasselbe Princip zu Grunde liegt, welches wir eingangs erwähnt haben, nämlich das, bei der Wasseruntersuchung nach Möglichkeit alle Gesichtspunkte zur Geltung zu bringen, von denen man sich Erfolge versprechen darf. Auch der deutsche Fischerei-Verein steht auf diesem Standpunkt.[1])

Der vorstehend skizzirte kleine geschichtliche Abriss dürfte mit dem in der Einleitung Gesagten ungefähr den Stand der Wasseruntersuchung vom praktischen Gesichtspunkt wiedergeben.

Ehe wir nun dazu übergehen, zu schildern, in wie weit wir die uns hier interessirenden Fragen gefördert zu haben glauben, müssen wir einen zweiten kurzen historischen Ueberblick folgen lassen über das, was in der Wissenschaft bezüglich der uns interessirenden Organismen geleistet worden ist, insofern das neuerdings mehr und

---

1) Vergl. Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern, aufgestellt von einer wissenschaftlichen Commission des deutschen Fischerei-Vereins nebst Beiträgen zur Beurtheilung unserer natürlichen Fischgewässer. Zusammengestellt und redigirt, bezw. verfasst von Prof. Weigelt. 1900. S. 39—49.

Digitized by Google

mehr vertiefte Studium der Formen genannter Lebewesen sowie ihrer physiologischen Leistungen die Basis bildete, auf welcher wir weiter gebaut haben.

Seit dem grundlegenden Werke Ehrenberg's[1]) sind bis in die neueste Zeit eine grosse Reihe werthvoller Abbildungswerke[2]) und präciser Diagnosen veröffentlicht worden, auf denen wir heute sicher fussen.

Ehrenberg beschränkte sich naturgemäss zunächst vorwiegend auf die leichter erreichbaren Organismen, besonders auf diejenigen am Ufer und auf solche, welche an Wasserpflanzen festsitzen.

Die Reichhaltigkeit der Gewässer an Plankton wurde erst später erkannt und zwar durch den dänischen Naturforscher Peter Erasmus Müller, welcher gelegentlich eines Aufenthaltes in der Schweiz 1867 an dem Wasser der dortigen Seen die Beobachtung machte, dass es von niedrigen Krebschen wimmelte. Daraufhin begannen auch andere Forscher, unseren Seen nach dieser Richtung hin ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Diese Studien blieben aber nicht bloss auf das Süsswasser beschränkt, sondern erstreckten sich auch auf das Meer, dessen reiches Plankton bald als sehr wichtig für das Leben der Fische erkannt wurde. Ganz massenhaft fand man Planktonorganismen im Ocean, sodass Schütt[3]) mit Recht sagen konnte: die Hochsee ist eigentlich keine Wüste, sondern eine Wiese, während Heincke[4]) betonte, dass

---

1) Ehrenberg, Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen, Berlin. 1838. Mit 64 Kupfertafeln. Die praktische Ergänzung dazu ist nach Ehrenberg's eigener Aussage seine „Mikrogeologie. Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbstständigen Lebens auf der Erde." 1854. Mit 40 Tafeln.

2) Die mikroskopische Pflanzen- und Thierwelt des Süsswassers. 1891. I. Th.: Pflanzen. O. Kirchner. Hamburg. II. Aufl. 1891. II. Th.: Protozoen. Fr. Blochmann. Hamburg. II. Aufl. 1895.

B. Eyferth's Einfachste Lebensformen des Thier- und Pflanzenreiches. III. Aufl. Braunschweig 1900.

Die Thier- und Pflanzenwelt des Süsswassers. Herausgegeben von Dr. O. Zacharias. 2 Bände. Leipzig 1891.

Stein, Fr., Der Organismus der Infusionsthiere. Leipzig. 1859 u. 1867.

Bütschli, Protozoa; in Bronn's klassen und Ordnungen des Thierreichs. 1880–1889. 3 Bde. mit 79 Tafeln.

van Heurck, Synopsis des Diatomées. 1885. Traité des Diatomées. 1899.

3) Schütt, Das Pflanzenleben der Hochsee. 1893. S. 243.

4) Fr. Heincke, Der Lebensreichthum des Meeres und seine Ursachen. Kosmos. 1884. S. 333.

im Meere die Fülle des Lebens sogar grösser sei als auf dem Festlande und in der Luft.

Das Süsswasser betreffend[1]) berechnete beispielsweise O. Zacharias (l. c. 3. Band, S. 106) das am 7. April 1894 im grossen Plöner See vorhandene Melosirenplankton auf 15000 Centner Frischsubstanz. Für einen Netzzug zählt resp. berechnet er 16 Millionen Melosira-Zellen.

Einen weiteren Hinweis auf das massenhafte Vorkommen von Organismen im Wasser boten die sogenannten Wasserblüthen, welche sogar einen auffallenden Einfluss auf die Farbe des Wassers ausüben und in Teichen, Seen und im Meere oft genug einen deutlichen Farbenwechsel bedingen können. Wir verweisen diesbezüglich u. a. auf die Arbeit von Klunzinger.[2])

Dass solche und verwandte Organismen, wo sie in Masse auftreten, bedeutende und tiefgreifende chemische Umsetzungen in ihrem

---

1) Warming, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Eine Einführung in die Kenntniss der Pflanzenvereine. 1896. S. 130. II. Auflage 1902.

C. Schröter, Die Schwebflora unserer Seen. Zürich 1896.

C. Apstein, Das Süsswasserplankton. Methoden und Resultate der quantitativen Untersuchung. Kiel und Leipzig 1896.

H. Klebahn, Ueber wasserblüthebildende Algen u. s. w. Plöner Berichte 1896. Band IV. S. 189—206.

C. B. Klunzinger, Die Lehre von den Schwebewesen des süssen Wassers oder Untersuchungsweisen und Ergebnisse der Limno-Planktologie mit besonderer Rücksicht auf die Fischerei. Charlottenburg 1897. S. 169. Vergl. dazu auch Botanisches Centralblatt. Beihefte Band VIII. S. 247.

O. Zacharias, Ueber die wechselnde Quantität des Planktons im grossen Plöner See. Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön. 1895. Band III. S. 97 u. flgd.

Derselbe, Quantitative Untersuchungen über das Limnoplankton l. c. Band IV. S. 1.

Derselbe, Untersuchungen über das Plankton der Teichgewässer l. c. Band VI. S. 89.

Strodtmann, Bemerkungen über die Lebensverhältnisse des Süsswasserplankton. l. c. S. 145.

M. Marsson, Planktologische Mittheilungen. Zeitschr. f. angewandte Mikroskopie. IV, Heft 7, 8, 9, 10. 1898 u. 1899.

Derselbe, Zur Kenntniss der Planktonverhältnisse einiger Gewässer der Umgebung von Berlin. Plöner Berichte. Bd. VIII. 1901.

Rich. Volk, Die bei der Hamburgischen Elbe-Untersuchung angewandten Methoden zur quantitativen Ermittelung des Planktons. Hamburg. 1901.

2) C. B. Klunzinger, Ueber die physikalischen, chemischen und biologischen Ursachen der Farben unserer Gewässer. Stuttgart. 1901.

Digitized by Google

Medium hervorrufen können und zu diesem in gewissen Wechselwirkungen stehen, wusste man von der Zeit an, wo man von diesen niederen Organismen Kenntniss hatte, besonders aber, seitdem man einen tieferen Einblick in die Stoffwechselprocesse der Hefen und Bakterien gewonnen hatte.

Mit Recht wurde deshalb betont, dass bei der Reinhaltung vieler Gewässer die Betheiligung der thierischen sowohl wie pflanzlichen Organismen, besonders der Bakterien wegen ihrer Zersetzungsthätigkeit und der grünen Organismen wegen ihrer Sauerstoffproduktion, oft eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielt.

Forel[1]) hat in seiner limnologischen Monographie des Genfer Sees dieses Ineinandergreifen der maassgebenden Faktoren so anschaulich geschildert, dass wir den betreffenden Passus in deutscher Uebersetzung hier wiedergeben möchten (l. c. Bd. 2. S. 634): „Das Wasser des Genfer Sees“, heisst es, „wird von einer massenhaften, thierischen wie pflanzlichen Bevölkerung bewohnt. Thiere, Pflanzen und Protisten entwickeln sich in demselben in grosser Menge und leben dort. Durch das bewunderungswürdig abgestimmte Spiel ihrer entgegengesetzten Funktionen arbeiten sie wirksam daran, dem Wasser einen schönen Grad von Durchsichtigkeit und Reinheit zu bewahren. Sobald die Zuflüsse dem See zu viele gelöste, organische Substanzen zuführen, werden diese durch die chlorophyllhaltigen Pflanzen assimilirt und durch die Fäulnissmikrobien zersetzt. Die organischen Reste werden durch die Protozoen verzehrt, die thierischen Cadaver durch die Thiere verschlungen, oder sie werden durch die Fäulnissbakterien, -vibrionen und -mikrokokken in gasförmige Bestandtheile zerlegt; die Kohlensäure wird reducirt durch die Vegetation der Grünalgen, Diatomeen u. s. w. Die Gegenwart des thierischen und pflanzlichen Lebens in den Gewässern ist ein Faktor für die Regulirung des Verhältnisses zwischen gelöster organischer Substanz und gelösten Gasen, ist eine Gewähr für die Reinhaltung der Wässer.“

„Andererseits kann man bis zu einem gewissen Grade über die Beschaffenheit des Wassers nach den in ihm lebenden Organismengruppen schliessen. Man kennt die Lebensgemeinschaften der Sumpf-, Fäulniss- und Schmutzrinnenwässer, also der ungesunden Wässer; man kennt ebenso diejenigen der reinen, frischen, durchlüfteten, also gesunden Wässer. Zu dieser letztgenannten Gruppe gehören die Faunen und

1) Forel, Le Léman. Monographie limnologique. Bd. 1 (1892). Bd. 2 (1895).

Floren der grossen Seen, besonders diejenigen des Genfer Sees. Unter den Thieren oder Pflanzen, welche ihn bewohnen, giebt es eine beträchtliche Zahl, welche durchaus charakteristisch für Gewässer von guter Beschaffenheit sind und in verschmutzten Wässern nicht leben könnten."

Aehnliche Betrachtungen allgemeiner Art waren es, von denen aus wir an die Fortsetzung der eingangs erwähnten Commissionsuntersuchungen gingen, und mit deren Hülfe wir in ein richtiges Fahrwasser gekommen zu sein glauben, wie die folgenden Darlegungen zeigen sollen.

Es scheint uns, als convergirten die beiden geschichtlichen Abrisse, welche wir vorstehend gegeben haben, gleichsam nach einer Lösung der gestellten Aufgaben von einem solchen Gesichtspunkte aus.

Es konnte natürlich nicht unsere Absicht sein, hier einen vollständigen historischen Ueberblick über die Wasserbiologie zu bieten. Wir verweisen zur näheren Orientirung und genaueren Kenntnissnahme über das eben Gesagte auf einschlägige Literatur.[1])

III. Ueber Leit-Organismen für Verunreinigung.

Wo sich viele organische, zersetzungsfähige Substanzen im Wasser finden, da trifft man auch stets eine reichliche Entwicklung von Organismen,[2]) welchen diese Stoffe zur Nahrung dienen.[3]) Meist handelt es sich um echte Saprophyten, wie Sphaerotilus natans, Zoogloea ramigera, Leptomitus lacteus und Spirillen unter den Pilzen, Carchesium lachmani, Vorticella microstoma, Paramaecium caudatum, aurelia und putrinum, Colpidium colpoda, nahe stehende Gattungen und gewisse Oxytrichiden unter den Ciliaten, Bodo-, Monas- und Oikomonas-Arten, Peranema trichophorum u. s. w. unter den Flagellaten, sowie nicht zuletzt unter den Chlamydomonadeen die im faulsten Wasser anzutreffende Polytoma uvella.[4])

---

1) z. B.: Lampert, Das Leben der Binnengewässer. Leipzig 1899. Historischer Ueberblick. S. 8—28.

2) So kann es auch in den Häfen am Meere sein; vergl. Engler, Ueber die Pilz-Vegetation des weissen oder todten Grundes der Kieler Bucht. Vierter Bericht d. Commission zur wissenschaftl. Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. 1884.

3) Von den reichlich gedüngten Rieselfeldgewächsen sagt man z. B., dass sie „ins Kraut schiessen."

4) Vergl. Ehrenberg, 1838, l. c. S. 25.

Digitized by Google

Diese und viele andere Lebewesen sind als typische Leitorganismen für mehr oder weniger starke Verunreinigungen jetzt wohl allgemein anerkannt.

Wie charakteristische Fingerzeige sie bisweilen bieten können, geht aus einem Beispiel in der Literatur hervor. So heisst es bei Schorler[1]) S. 47: „Man hat diese beiden Pflanzen (Beggiatoa alba, Cladothrix dichotoma) mit Recht als „„die Leitpflanzen beim Nachweise von Verunreinigungen mit putriden Gewässern"" bezeichnet. Schon die geringste, absolut nicht wahrnehmbare Menge derselben lässt sie entstehen. So habe ich im Juni dieses Jahres ihre weissen Schleimfäden mit Verwunderung in einem Bache mit klarem schnellfliessenden Wasser beobachtet, der durch Gottesgab im Erzgebirge fliesst, bis ich sah, dass die Jauche einiger Düngerstätten in denselben kommt."

Es ist klar, dass Beggiatoa natürlich nur da beobachtet werden kann, wo der von ihr benöthigte Schwefelwasserstoff nicht durch Eisen gebunden wird.

Wir können noch zwei weitere Beispiele hinzufügen: Auf dem Kamme des Riesengebirges waren in einer Quelle mit ganz klarem Wasser die hineinragenden Halme mit weissen Flocken von Leptomitus besetzt. Es stellte sich bei näherer Untersuchung heraus, dass die Quelle einen Zufluss hatte von Wasser, welches aus einem Stalle der neuen Schlesischen Baude abfloss.

Das dritte Beispiel stammt aus dem Harz.[2]) In der Nähe von Blankenburg war während der heissen Jahreszeit in einem rasch fliessenden, ganz klaren Bache, aus welchem die ländlichen Arbeiter ihr Trinkwasser schöpften, an untergetaucht liegenden Aststückchen Leptomitus mit grossen Massen von Colpidium colpoda zwischen seinen Fäden zu beobachten. Auch hier liess sich die Ursache der Verunreinigung leicht auffinden und zwar in einem zur Gastwirthschaft gehörenden Forellenteiche, den der betreffende Waldbach durchströmte und in welchen Küchenabfälle geworfen wurden, um die Fische zu füttern. Oberhalb des Teiches wurden keine Pilze gefunden.

Wir wollen hierzu noch bemerken, dass bei schnellfliessendem Wasser der absolute Verschmutzungsgrad natürlich viel geringer ist, als bei langsam fliessendem unter sonst gleichen Umständen.

Den am Anfang dieses Capitels ausgesprochenen Satz, dass über-

---

1) Schorler, Die Vegetation der Elbe. Zeitschrift für Gewässerkunde. Band 1. 1898.

2) cf. Hydrobiologische Untersuchungen etc. (citirt oben S. 34, Anm. 1) S. 86.

Digitized by Google

all da, wo sich viele organische, fäulnissfähige Stoffe im Wasser finden, auch reichliche Entwicklung von Organismen eintreten wird, darf man nicht ohne weiteres umkehren und behaupten wollen, dass reichliche Gegenwart von Saprophyten ganz allgemein auf starke Verschmutzungen schliessen lässt. Im destillirten Wasser[1]) und manchen Brunnenwässern nämlich entwickeln sich öfter ziemlich viele Organismen nach längerem Stehen. Diese sind weniger auf grosse Vorräthe an organischen Substanzen angewiesen und decken einen Theil ihres Stickstoffbedarfes vielleicht aus dem freien Stickstoff der Luft.

Will man sich in diesen Fällen vor Täuschung bewahren, so braucht man genaue Kenntniss solcher Organismen. Derartige Facta beeinträchtigen aber in keiner Weise die Thatsache, dass es in der That Leitorganismen für wirkliche Verschmutzungen giebt.

Unter den Luftgewächsen kommen ja auch ähnliche Fälle vor: Viele höhere Pilze (z. B. der Tintenpilz, Coprinus comatus, stercorarius u. a.) wachsen auf Mist, andere (Cordyceps militaris) auf todten Insectenleibern, zahlreiche nur im Humus des Waldbodens, wie manche Clavarien des Buchenwaldes, wieder andere auf morschem Holz (Xylaria Hypoxylon), endlich manche auf relativ armem Sandboden (Helvella esculenta, Peziza aurantia, Boletus variegatus) u. a. m.

Man ist im Allgemeinen an die Vorstellung gewöhnt, dass chlorophyllhaltige Organismen ohne organische Substanzen eben wegen ihrer Assimilationsthätigkeit gedeihen.

Es giebt aber neben solchen echt autotrophen Organismen auch mixotrophe,[2]) d. h. solche, welche trotz ihres Chlorophyllgehaltes organischer Substanzen bedürfen. Dahin gehört der Chloroflagellat Euglena viridis, der manche Dorftümpel und Rieselfeldgräben oft intensiv grün färbt. Manche blaugrüne Algen (Oscillatoria und Phormidium) zählen gleichfalls hierher. Auch die Schutt- und Dungstättenpflanzen, z. B. Melden und Schuttkresse, könnten hier als weitere Beispiele genannt sein:[3]) ja, das gesammte Phytoplankton sowie viele in Gräben[4]) und

1) Otto Papenhausen, Ueber das Vorkommen von Bakterien im destillirten Wasser. Pharmaceutische Zeitung. Berlin 1901. No. 101, S. 1004—1005.

2) Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Zweite Auflage. 1897. Bd. I. S. 349. König, Die Verunreinigung der Gewässer. Zweite Auflage. 1899. Bd. I. S. 257.

3) Warming, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 1896. S. 75, 2. Aufl. 1902. S. 76.

4) Bokorny, Biologisches Centralblatt. 17. Jahrgang. S. 35.

Digitized by Google

Teichen vegetirende Fadenalgen, wohl auch einige Moose, sind für die saprophytische Ernährungsweise befähigt. Wie sollten sonst, wenn im Winter die grünen Pflanzen zurückgehen, bei den kurzen Wintertagen viele unserer Flüsse sich rein erhalten können, wenn nicht die schwebenden Algen, besonders die Kieselalgen, einer mixotrophen Lebensweise angepasst wären?[1] Diese wenigen Fälle zeigen, dass sich zwischen den Bewohnern stark und wenig verschmutzter Gewässer alle möglichen Uebergänge finden.

Um diese Thatsache kurz ausdrücken zu können, möchten wir die Abwässerorganismen als „Saprobien"[2]) bezeichnen und je nach dem Grade der Verschmutzung von Poly-, Meso- und Oligosaprobien[2]) sprechen, ganz ähnlich wie Beijerinck[3]) von poly-, meso- und oligonitrophilen Organismen und die Pflanzengeographen[4]) von mega-, meso- und mikrothermen Pflanzen sprechen. Will man nur von Abwässerthieren sprechen, so müsste man Saprozoen sagen, während für die Pflanzen das alte Wort Saprophyten bliebe (cfr. auch Warming S. 136). Man könnte auch ein Adjectiv bilden und (analog wie aërob) sagen: ein Organismus ist saprob, im Speciellen gesagt: poly-, meso- oder oligosaprob.

Beispiele für das Auftreten von Polysaprobien[5]) wären Sphaerotiluszöpfe und -Flocken, Fladen der Zoogloea ramigera, Beggiatoen-Vliesse und -Zotten, Schleimmassen von Carchesium lachmanni, Ueberzüge von Euglena viridis u. a. auf der Wasseroberfläche (z. B. auf den Rieselfeldgräben) und Polytoma uvella; den Uebergang zur nächsten Gruppe (Mesosaprobien) bilden feder- und watteartige Büschel von

1) O. Zacharias, Zoologischer Anzeiger. 1899. S. 29.
F. Ludwig, Zur Amphitrophie der Algen. Forschungsberichte aus der biologischen Station zu Plön. Bd. VII. S. 75—77.

2) σαπρός faulig, ὀλίγος wenig.

3) Beijerinck, Ueber oligonitrophile Mikrobien. Centralblatt für Bakteriologie. Abth. II. Bd. 7. 1901. S. 561.

4) Alphonse de Candolle, Constitution dans le règne végétal de groupes physiologiques applicables à la géographie ancienne et moderne. Bibliothèque universelle et revue suisse; archive des sciences physiques et naturelles; nouv. pér. T. 50. Genève 1874. Auch Just, Botanischer Jahresbericht. Bd. VI. Theil II. S. 456.
Warming, l. c. S. 36 od. 1902. S. 38.
Leunis' Synopsis. 3. Aufl. 1883. S. 784.

5) Diese Bezeichnung deckt sich im Allgemeinen mit dem, was Schiemenz in den „Hydrobiologischen Untersuchungen etc." (cf. oben S. 34, Anm. 1) unter „vornehmlichsten Schmutzfinken" versteht; vergl. z. B. l. c. S. 213.

Digitized by Google

Leptomitus und vereinzelte Individuen der sonst polysaproben Vorticella microstoma u. s. w. Zu den Mesosaprobien wären zu rechnen: Häute und Polster von Phormidium autumnale und uncinatum, Hantzschia amphioxys, Stylonichia mytilus, Oxytricha pellionella, Vorticella convallaria, Stentor coeruleus, Spirostomum ambiguum und viele andere Ciliaten, ferner Strähnen von Melosira varians, Filze von Nitzschia palea u. s. w. Zu den Oligosaprobien[1]) endlich zählen gewisse Spirogyrawatten, Stigeocloniumrasen, Cladophora- und Confervabüschel, Ulothrixfelder, Häute gewisser Oscillatorien und viele Protozoen, wie Astylozoon fallax, Loxophyllum fasciola u. a., sowie Biocoenosen von Grunddiatomaceen.[2])

Auch viele wasserblüthebildende Algen gehören noch zu den Saprobien, während nach unserer Ansicht z. B. die Dinobryen im Allgemeinen davon ausgeschlossen sind. Vielleicht beruht der ganze Unterschied, welchen Apstein[3]) zwischen Dinobryen- und Chroococcaceen-Seen gemacht hat, auf Ernährungsbedingungen, welche die eine dieser Gruppen von dem Gewässer der anderen ausschliessen. Solche Organismen, welche nur im reinen Wasser ihre Existenzbedingungen finden, wollen wir Katharobien[4]) nennen.

Um an einem Beispiel die Bildung von Saprobien zu erläutern, verschaffen wir uns eine Probe frischen Sielwassers, entnommen aus einer Pumpstation der städtischen Kanalisation, und stellen sie in einem offenen Gefässe beiseite. Es wird nicht lange dauern, so findet je nach der Jahreszeit eine Scheidung statt: An der Oberfläche entsteht eine Schwimmschicht, am Boden setzen sich die schweren Theile ab, und die Flüssigkeit färbt sich schwärzlich von durch entwickelten Schwefelwasserstoff gefälltem Schwefeleisen herrührend, welches sich allmählich auch zu Boden senkt. Untersuchen wir nun die obere Schicht, so finden wir sie hauptsächlich aus Bakterien bestehend, die zu einer dicken Zoogloeaschicht zusammengelagert sind, dazwischen entwickeln sich Schimmelpilze verschiedener Art; auch Hefen und Sporen anderer Pilze wird man finden. Im Wasser selbst aber ent-

1) Nähere Ausführungen über die Zugehörigkeit der Saprobien zu den verschiedenen Gruppen werden in einer späteren Veröffentlichung folgen. Dort soll auch näher auf die Einreihung der Bakterienfresser eingegangen werden.

2) Vergl. z. B. E. Debes, Sammeln und Behandlung lebender Diatomaceen. Zeitschrift f. wissensch. Mikroskopie. Bd. II. 1886; Kap. V: Diatomaceencultur.

3) C. Apstein, Das Süsswasserplankton. Kiel u. Leipzig. 1896 S. 94, 95, 186.

4) καθαρός, rein.

Digitized by Google

steht allmählich eine charakteristische Lebensgemeinschaft, eine saprozoologische Biocoenose[1]), bestehend aus Monaden, wie Bodo globosus und saltans, Oikomonas termo, Dimorpha longicauda, Hyalodiscus limax und guttula; zugleich treten viele Spirillen auf, z. B. Spirillum undula, rugula und rufum, und in Massen Polytoma uvella. So geht allmählich die protozoologische Biocoenose mit anderen Zwischenstufen, die hier nicht alle aufgeführt werden können, in eine phykologische über, je mehr das Wasser ausgefault ist und die Bedingungen für grüne Pflanzen geschaffen sind. Vor allem wird sich eine Palmellaceen-Gemeinschaft von Chlorella vulgaris, Scenedesmus quadricauda und obliquus, Raphidium polymorphum u. s. w. bilden. Diese Pflänzchen halten sich in solchen Wasserproben mit schlammigem Bodensatz jahrelang lebend, wobei zuweilen bald die eine, bald die andere Art überwiegt. Im Sommer werden derartige Umbildungsprocesse, welche als Processe der Reinigung des Wassers aufgefasst werden können, natürlich viel schneller vor sich gehen als im Winter bei schwächerer Beleuchtung und niedrigerer Temperatur. Selbstverständlich ist, dass im Freien, so auf den Rieselfeldern, sich mehr und auch andere Organismen einstellen werden als im mehr abgeschlossenen Raume.[2])

In beiden Fällen ist aber die Zersetzung der Fäkalstoffe dieselbe: bei dem durch Bakterien bewirkten Eiweisszerfall bilden sich Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure u. s. w. Ein Theil der Gase wird entweichen, ein anderer gebunden, wie wir es schon beim Schwefelwasserstoff als Schwefeleisen gesehen haben, welch letztere Verbindung jedoch nicht constant bleibt, sondern mannichfachen biochemischen Veränderungen unterliegt. Das Ammoniak dürfte wohl wesentlich unter dem Einfluss nitrificirender Bakterien in salpetersaure Salze übergeführt werden. Diesen ganzen Vorgang nennt man bekanntlich den Mineralisirungsprozess, da die organischen Verbindungen in anorganische übergeführt werden. In der Natur werden die Nitrate nicht im Wasser verbleiben; sie dienen in den Flüssen, welche sie aufnehmen, hauptsächlich wohl den Algen, im Besonderen manchen kieselschaligen, zur Ernährung. Schon am Ausfluss der Rieselgräben findet man die Melosira varians an untergetauchten Stengeln und verfaulten Gräsern oft in solchen

---

1) Siehe später, S. 51.

2) Näheres darüber folgt demnächst bei Marsson, Die Abwässer-Flora und -Fauna einiger Kläranlagen und Rieselfelder der Berliner Umgebung.

Digitized by Google

Mengen angeheftet, dass sie lange braune Strähnen bildet. Sie ist dann als Leitorganismus für stattgehabte gröbere Verunreinigungen mit Sicherheit anzusehen. Im weiteren Laufe des Flusses finden wir oft wieder eigenthümliche Biocoenosen von Kieselalgen.[1]) Ebenso typisch sind diese für stark verschmutzte Gräben.[2])

Als am meisten charakteristische Leitpflanzen sind aber die Wasserpilze zu bezeichnen; sie treten zumeist im Winter auf, wenn das Wachsthum der Algen zurückgegangen ist. Sie sind aber nicht ausschliesslich an die kältere Jahreszeit gebunden, sondern kommen auch im Sommer vor, nur nicht in solcher Massenhaftigkeit, wie z. B. Sphaerotilus und Leptomitus gegen Ende der Campagne der Zuckerfabriken. Bald tritt der eine von diesen Pilzen auf, bald der andere; Sphaerotilus wird sich mehr finden in Flüssen mit langsamem Lauf, Leptomitus mehr in strömendem Wasser und Bächen. Beide zeigen aber mit Sicherheit an, wenn sie als dicke Flocken dahintreiben, an untergetauchten Schilfblättern lange weisse Strähnen bilden oder gar das ganze Bachbett mit lämmerschwanzartigen Massen bekleiden, dass hier eine erhebliche Verunreinigung vorliegt. Auch für Molkereien und Brennereien sind diese Pilze typisch, nicht minder für die Abflüsse der Rieselfelder. In allen Fällen bildet die Hauptquelle der Verunreinigungen faulende, stickstoffhaltige, organische Substanz. Auf den Rieselfeldern gesellen sich dann meist noch dicke, eigenthümlich verzweigte Zoogloeen (Zoogloea ramigera) sowie das Mycel eines höheren Pilzes (Fusarium aquaeductuum) hinzu. Finden wir Beggiatoen in grösseren, d. h. für das blosse Auge sichtbaren Mengen, so können wir mit Sicherheit auf schwefelwasserstoffhaltige Abwässer schliessen. Diese Schwefelbakterien verathmen nach Winogradsky[3]) den Schwefelwasserstoff, lagern den Schwefel in ihrem Plasma ab und oxydiren ihn schliesslich zu Schwefelsäure, wobei allerdings sauerstoffhaltiges Wasser in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle Bedingung sein dürfte. Auf ihre anderweitige Wirkung im Schlamm soll hier nicht eingegangen werden[4]). In stark verschmutzten, schwefelwasserstoffhaltigen Wasserläufen sehen wir die Beggiatoen den Schlamm mit einem weissen Filze überziehen, der an vielen Stellen röhrenförmig aufgetrieben ist durch aus dem Schlamm emporsteigende Gasblasen. Je mehr sich das Wasser in seinem

1) „Hydrobiologische Untersuchungen etc." (cf. vorn S. 34, Anm. 1), S. 152, 153.
2) Ebenda. S. 132—141.
3) Winogradsky, Ueber Schwefelbakterien. Botan. Ztg. 1887.
4) Vergl. Ferd. Cohn, Die Pflanze. 2. Aufl. 1897. Bd. 2. S. 495.

Digitized by Google

weiteren Laufe durch solche und andere Saprobien in seiner Zusammensetzung verändert, also einem Reinigungs- bezw. Mineralisirungsprocess unterworfen wird, desto mehr wird sich auch das biologische Bild ändern. An gewissen Orten finden wir eine reiche Vegetation von Oscillatorien, die Gattung Phormidium mit einbegriffen; aber nicht alle Arten dieser Gattungen sind nach unseren Erfahrungen typische Abwasserorganismen, wenigstens können sie nicht alle als Poly- und Mesosaprobien angesehen werden. Aehnlich verhält es sich mit den grünen Fadenalgen, von denen die Mehrzahl zu den Meso- und Oligo-Saprobien zu zählen ist. Viele von den Palmellaceen sind nach Beijerinck Peptonalgen; sie würden demnach — je nach dem Grade der Umbildung des Mediums — gleichfalls einen Theil der Meso- und Oligo-Saprobien bilden.

Im Einklang mit anderen Beobachtern haben wir gefunden, dass Organismen, wenn wir sie als Leitorganismen ansprechen und aus ihrem Vorkommen Schlüsse ziehen wollen, immer in grösserer Zahl vorhanden sein müssen, wie wir in der Aufzählung von Beispielen auch charakteristische Bezeichnungen, wie Flocken, Zöpfe, Strähnen, Vliesse, Watten, Rasen u. s. w. gewählt haben.

Dieser Punkt ist schon von Radlkofer[1]) 1865 betont worden; es braucht ja nur im ganz reinen Wasser ein einzelnes Thier oder eine Pflanze abzusterben, so können sich darauf schon Abwasserorganismen ansiedeln und in die Umgebung vertheilen. Das sind aber locale Verschmutzungen. Auch in reinem Flusswasser finden sich oft einzelne Saprobien vertheilt; sie sind in die Strömung gerathen und halten sich hier noch längere Zeit am Leben. Ebenso fristen Organismen des reinen Wassers, wie z. B. viele Planktondiatomaceen, Chrysomonadinen (wie Dinobryen) u. s. w. im Abwasser noch eine Zeit lang ihr Dasein. Man darf sich dadurch natürlich nicht irreführen lassen.

Dass die Nichtanwendung solcher Betrachtungen zu Trugschlüssen führen kann, weiss man längst aus der Oekologie der höheren Gewächse. Wir wollen das durch ein Beispiel erläutern: Die Kukuksblume (Coronaria flos cuculi) ist eine Charakterpflanze feuchter Wiesen.

---

1) Radlkofer, Mikroskopische Untersuchung der organischen Substanzen im Brunnenwasser. Zeitschr. f. Biologie. Bd. I. 1865. S. 37. Dort heisst es: „Nicht die blosse Anwesenheit einer solchen Vegetation, sondern erst das Maass ihres Auftretens würde dann, im Zusammenhalte mit der Quantität und Qualität des gleichzeitig vorhandenen Thierlebens, einen Maassstab für die Brauchbarkeit oder etwaige Schädlichkeit des Wassers abgeben."

Digitized by

An dieser Thatsache ändert ihr vereinzeltes Vorkommen in benachbarten Erlengebüschen nicht das Mindeste.

Wir müssen deshalb davor warnen, dass aus dem vereinzelten Vorkommen sonst typischer, vereint wachsender Organismen irgend welche falschen Schlüsse auf den Gesammtverschmutzungsgrad eines Gewässers gezogen werden. Es kommt bei solcher Sachlage stets auf das Gesammtbild an.

IV. Ueber Leit-Biocoenosen für Verunreinigung.

Wenn bei der Untersuchung eines verschmutzten Gewässers dem Beobachter sich nicht Leit-Organismen in besonders massenhafter Entwickelung darbieten, sondern mehr ein Gemisch zahlreicher Gattungen und Arten vorliegt, also eine Mischfauna und -flora, so muss er selbstverständlich sein Augenmerk auf alle gleichzeitig richten, also auf die Lebensgemeinschaften (Biocönosen)[1]), welche auch als Vergesellschaftungen (Associationen), Genossenschaften[2]), Vereine und Vereinsklassen, sowie als Formationen[3]) u. s. w. bezeichnet werden[4]).

---

1) K. Möbius, Die Austern u. die Austernwirthschaft. Berlin 1877. S. 72—87.
Marsson, „Hydrobiologische Untersuchungen etc." (s. oben S. 34, Anm. 1), S. 99.

B. Schröder, Die Algen der Versuchsteiche des schlesischen Fischerei-Vereins zu Trachenberg. Plöner Berichte. Bd. V. 1897. S. 31.

2) Schenck, Ueber die Bedeutung der Rheinvegetation für die Selbstreinigung des Rheins. Centralbl. f. allgemeine Gesundheitspflege. Bonn 1893. S. 19.

Marsson, l. c. S. 99.

3) Warming, Oekologie. 1896. S. V.

Man vergl. ferner folgende Arbeiten:

B. Schröder, Das pflanzliche Plankton d. Oder. Plöner Berichte. Bd. VII. 1899.

W. Schmidle, Beitr. z. Algenflora des Schwarzwaldes und der Rheinebene. Berichte der Naturforsch.-Gesellsch. zu Freiburg i. B. Bd. 7. Heft 1. S. 68—116.

Drude, Deutschlands Pflanzengeographie. Stuttgart. 1896.

C. Schröter u. O. Kirchner, Die Vegetation des Bodensees (Der Bodenseeforschungen neunter Abschnitt). Lindau i. B. I. Theil. 1896. S. 13. II. Theil. 1902. Heft XXXI der Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees.

G. von Istvánffi, Resultate der wissenschaftl. Erforschung des Balatonsees. Wien 1898. S. 15.

4) Auch bei der Bestimmung geologischer Horizonte nach den Fossilien kommen solche Ueberlegungen in Betracht. Vergl. Potonié, Die Art der Untersuchung von Carbon-Bohrkernen auf Pflanzenreste. Naturwissenschaftl. Wochenschrift. 1902. No. 23. Ferner gelten ähnliche Betrachtungen für die Abgrenzung thier- und pflanzengeographischer Zonen.

Digitized by Google

Ebenso wie der Chemiker zur vollständigen Beurtheilung eines Wassers oft eine Gesammtanalyse ausführt, so muss man auch in diesen Fällen, wo die Feststellung eines einzelnen Typus nicht genügt, eine Vorstellung von der Beschaffenheit des Wassers aus dem Gesammtbild der betreffenden Fauna und Flora zu gewinnen suchen[1]).

Es fällt dem Planktonforscher durchaus nicht schwer, durch das Mikroskop festzustellen, ob Plankton aus einem grösseren Binnensee oder aus einem Teiche stammt. Ja, er ist sogar im Stande, aus der Anwesenheit gewisser Räderthiere (Schizocerca diversicornis, Pedalium mirum) und gewisser Brachionusarten zu entscheiden, dass der betreffende Teich ein nur flaches Wasserbecken darstellt.[2]) Auch der Reichthum eines Gewässers an Buchten beeinflusst die Microflora (cf. Apstein, l. c. S. 106).

Ob marines Plankton oder solches aus Süsswasser vorliegt, ist gleichfalls mit einem Blick dnrch das Mikroskop zu entscheiden; ebenso ist auch das aus Brackwasser stammende zu erkennen.[3])

Alle diese Unterschiede beruhen, wie gesagt, auf typischen Biocönosen. Deshalb sind auch die Verschiedenheiten zwischen Limno-, Potamo- und Heleoplankton[4]) so in die Augen springend. Natürlich kommt es hierbei auch immer auf die Jahreszeit und auf die Periodicität[5]) der verschiedenen Organismen an.

Dass auch den Biocönosen verschmutzter Gewässer von noch anderer Seite Aufmerksamkeit geschenkt worden ist, bezeugt eine Arbeit von R. Lauterborn[6]) über: „Die sapropele Lebewelt.“ Verfasser versteht darunter die in verschlammten und bewachsenen Teichen und Tümpeln vorkommende Lebensgenossenschaft mikroskopischer Süss-

---

1) R. Kolkwitz, Giebt es Leitorganismen für verschiedene Grade der Verschmutzung des Wassers? Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte, 73. Versammlung zu Hamburg, 1902. Theil II. S. 246.

Derselbe, Ueber die Bedeutung der Biologie für die Beurtheilung des Wassers. Berichte der deutschen pharmaceutischen Gesellschaft. Bd. 12. 1902. Seite 97.

2) O. Zacharias, Biologisches Centralblatt. Bd. 19. 1899. No. 9.

3) E. Lemmermann, Beitr. zur Kenntniss der Planktonalgen. Berichte der deutschen Botanischen Gesellschaft. Bd. 18. 1900. S. 94 und 140.

4) O. Zacharias, Das Heleoplankton. Zoolog. Anzeiger 1898. No. 549.

Derselbe, Untersuchungen über das Plankton der Teichgewässer. Plöner Berichte. Bd. VI. Abth. II. 1898. S. 93.

5) cf. Apstein, l. c. S. 134 u. ff.

6) R. Lauterborn, Die sapropele Lebewelt. Zoolog. Anz. 1901.

Digitized by Google

wasserorganismen. An solchen Orten finden sich vielfach faulende Thier- und Pflanzenreste, welche den Schlamm stinkend machen und ihn oft mit Schwefelwasserstoff beladen. Lauterborn hebt auch hervor, dass die durch Fabrikabwässer verschmutzten Gewässer gleichfalls hierher zu zählen seien.

Als Beispiele für Abwässer-Biocönosen wollen wir, in Parallele zu den im vorigen Kapitel namhaft gemachten Leitorganismen, die mit gewissen Wasserpilzen zusammenlebenden Protozoen anführen. In treibenden Sphaerotilus- und Leptomitus-Flocken werden wir sehr häufig finden: Colpidium colpoda, Chilodon cucullulus, Glaucoma scintillans, Euplotes charon und patella, Oxytrichiden u. s. w. In der Beggiatoenvegetation kommt, je nach den Verhältnissen, Carchesium lachmanni vor, mit Vorticella microstoma und den drei in Betracht kommenden Paramaecium-Arten vergesellschaftet. Ist dieselbe durch Brauerei- oder Brennereiabwässer bedingt, so wird Stentor coeruleus selten fehlen. In einer weiteren Zone mit nur noch schwächerer Verschmutzung tritt Vorticella convallaria auf mit vielen anderen für diese Zone charakteristischen Protozoen. Solche Biocönosen wollen wir, wie wir es oben gethan haben, als protozoologische bezeichnen, im Gegensatz zu den phycologischen, welch letztere durch grüne und blaugrüne Algen oder braungelbe Kieselalgen gebildet werden. Diese namentlich machen, wie schon erwähnt, charakteristische Lebensgemeinschaften aus; natürlich treffen wir ebenso häufig phycologische und protozoologische Biocönosen in Mischung an, doch würde an dieser Stelle das Aufzählen von vielen Beispielen zu weit führen.

Nach vorstehenden Ausführungen kann also die Frage nach der Existenz und Bedeutung von Leitorganismen und Leitgenossenschaften nicht mehr in Zweifel gezogen werden.

Diese Thatsache muss bei allen Fragen, welche sich mit der Sanirung der Flüsse beschäftigen, wohl beachtet werden. Man soll also nicht, wie es bei Flussverschmutzungsfragen heute noch häufig geschieht, nur einseitig das Fischleben berücksichtigen, sondern auch an diejenigen Organismen denken, welche ein höheres Leben im Wasser erst vorbereiten.[1])

Solche Organismen können natürlich nur so lange als nützlich und

---

1) M. Marsson, Unsere Spree. Mittheilungen des Brandenburgischen Fischereivereins. 1901. Heft II. S. 255—267.

P. Schiemenz, Süsswasserbiologie und Fischerei. l. c. S. 268—278.

wasserreinigend bezeichnet werden, als sie durch ihre Lebensthätigkeit nicht Gifte erzeugen, wie manche Bakterien, oder sich zu grösseren Klumpen zusammenballen und beim Absterben zu Fäulnissherden werden.

Solche Leitorganismen muss man häufig nicht bloss der Gattung, sondern auch der Art und Varietät nach genau anführen und sich bei der Nennung der gefundenen Objecte nie zu generell ausdrücken. Wollte man z. B. allgemein von Diatomaceen sprechen, so könnte man damit für unsere Zwecke gar nichts erreichen. Um dies zu erläutern, wollen wir aus der citirten Arbeit von Debes den Anfang dieser Publication, welche die Standorte der Diatomaceen treffend kennzeichnet, wörtlich wiedergeben: „Diatomaceen kommen fast überall vor, wo sich Wasser findet, und wenn dies auch nur in Form genügender Feuchtigkeit wäre. Welche Wasseransammlungen man auch untersuchen mag: die kleinste Pfütze, den geringsten Graben, die krystallhellen süssen Gewässer der malerischen Gebirgsseen, wie die salzigen Fluthen des Oceans, überall wird man ihren Spuren begegnen. Sie finden sich von den Polen bis zum Aequator, in den eisigen Gewässern der Gletscherbäche, wie in den warmen der Thermalquellen, in den nassen Moosen der Torfmoore, wie an den triefenden Felswänden und den feuchten Mauern der Gewächshäuser, wenn man denselben auch nicht alle Zeit und aller Orten in Massen begegnet."

Wir sehen im Einklang mit dem über Biocönosen Gesagten in der Literatur ganz folgerichtig Autoren nach den angegebenen Grundsätzen handeln. So hat Schorler[1]) in durchaus richtiger Würdigung der Feststellung durch Flora und Fauna das Gesammtbild der Verschmutzung der Elbe bei Dresden geschildert. Natürlich sind auch hier wieder diese biologischen Gruppen nicht scharf begrenzt, wie das auch sonst allgemein bekannt ist. So weiss z. B. jeder, der die Alpen einigermaasen kennt, dass die nivalen Gewächse an den Rinnsalen und Bächen entlang sich auch in Bezirke verirren, welche unterhalb der Knieholzregion liegen.

Wir haben bisher nur die mikroskopische Fauna und Flora der verschmutzten Gewässer behandelt. Die ebenerwähnten ausführlichen Arbeiten Schorler's geben uns näheren Anlass, auch von

---

1) Schorler, Die Vegetation der Elbe bei Dresden und ihre Bedeutung für die Selbstreinigung des Stromes. Zeitschr. f. Gewässerkunde. Bd. 1. 1898.

Derselbe, Das Plankton der Elbe bei Dresden. Ebenda. Bd. 3. 1900.

der höheren Thier- und Pflanzenwelt, soweit sie hier in Frage kommt, zu sprechen.

Für Abwässer, welche reich sind an organischen, fäulnissfähigen Stoffen, ist das massenhafte Vorkommen von gewissen Chironomus- und anderen Insekten-Larven und Würmern (wie Nematoden und Oligochaeten) im Grundschlamm als Leitthieren nach unseren Erfahrungen charakteristisch.

Die Literatur über die gröbere Fauna und die Fische als Leitorganismen und Lebensgemeinschaften ist noch sehr spärlich; wir verweisen vorläufig auf die mehrfach citirten Publikationen von Schiemenz[1]) und Marsson.[2])

Auch von den höheren Wasserpflanzen ist bekannt, dass manche, z. B. die Wasserpest (Elodea) weit in verschmutzte Zonen hineinreichen und deshalb in Menge sich in ganz verschieden stark verschmutzten Wässern finden kann.

Ueber andere Wasserpflanzen, wie Potamogeton, Ceratophyllum, Nuphar u. s. w. liegen zwar schon einige Beobachtungen[3]) vor, aber zur Abgabe eines definitiven Urtheils über ihre Verwendbarkeit bei der Beurtheilung einer Verschmutzung scheinen uns noch weitere Studien nöthig.

Zwischen den Lebensgemeinschaften höherer Pflanzen (wir denken z. B. an Uferbestände von Schilf, Wasserampfer u. s. w.) und denen niederer Gewächse (wie etwa den Algen) besteht der bemerkenswerthe Unterschied, dass das Vegetationsbild der letztgenannten mit dem Wechsel der äusseren Bedingungen sich viel schneller verändert. Nähme beispielsweise in einem Gewässer mit beiderlei Beständen der Gehalt an organischen zersetzungsfähigen Substanzen zu, so würde dieser Wechsel des Mediums sich zuerst auf die Algen bemerkbar machen, und erst viel später auf die höheren Wassergewächse.

---

1) Vergl. die bereits citirten „Hydrobiologischen Untersuchungen etc.", S. 180 bis 192, sowie Marsson und Schiemenz, Die Schädigung der Fischerei in der Peene durch die Zuckerfabrik in Anklam. Zeitschr. f. Fischerei. 9. Jahrg. 1901. S. 52—64.

2) Marsson, „Hydrobiologische Untersuchungen etc.", S. 78, 80, 81, 89. Man vergl. auch C. Weigelt, Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Berlin 1900.

3) B. Schorler, Die Bedeutung der Vegetation für die Selbstreinigung der Flüsse.

Grosse-Bohle, Beiträge zur Frage der Selbstreinigung der Gewässer. Dissertation. Münster 1900.

Drude, Deutschlands Pflanzengeographie. S. 364.

Von den Bakterien und Protozoen bis stufenweise hinauf zu den Vertretern der höheren Flora und Fauna haben wir alle möglichen Grade der Reactionsgeschwindigkeit auf Veränderungen in der Beschaffenheit des Wassers. Die verschiedenen Organismengruppen verhalten sich hierin gleichsam wie verschieden empfindlich eingestellte Registrirapparate. Je nachdem man nun eine erst kürzlich stattgehabte oder schon ältere Verunreinigung feststellen will, vielleicht auch bei der Beurtheilung des Alters von Schlammbänken, wird man sein Hauptaugenmerk unter Berücksichtigung der jeweilig obwaltenden Verhältnisse bald auf diese Organismengruppe (z. B. auf Bacillariaceen und Protozoen), bald auf jene (etwa Würmer, Schnecken u. s. w.) richten müssen.

Bei der Auswahl einer solchen Gruppe muss dann die Jahreszeit[1]) wesentlich mitbestimmend sein. So hängt beispielsweise die Bacillariaceen-Biocönose ganz besonders von dem Wechsel der Jahreszeiten ab; das eine Maximum für dieselben fällt in den Frühling (z. B. bei Meridion circulare), während ein zweites, vermindertes im Herbst sich einzustellen pflegt; die Abwasserpilzflora dagegen kommt besonders im Winter zur Entwicklung, während die grünen und blaugrünen Algen sich meist im Sommer am üppigsten entfalten. Würden wir uns übrigens diesbezüglich unter der höheren Land-Flora und -Fauna umsehen, so würden wir, wie bekannt, ganz ähnliche Unterschiede wahrnehmen können.

Keime von Mikrobien, besonders von denen des Wassers, sind allgemein weit verbreitet. Stirbt also unter ungünstigen Lebensbedingungen eine Genossenschaft ab, so treten in kurzer Zeit eine grosse Masse neuer Organismen auf, welche den neuen Verhältnissen besser angepasst sind. Aber noch weiter! Die kryptogamischen Biocönosen sind in ihrer qualitativen und quantitativen Zusammensetzung sehr mannichfach; während die Biocönosen Wiese, Wald, Moor u. s. w. in summa eine verhältnissmässig kleine Zahl ausmachen, handelt es sich bei den aus mikroskopischen Wesen gebildeten Lebensgemeinschaften vielleicht um hunderte. Das Nähere darüber wird erst die Zukunft lehren müssen.

V. Ueber die Beziehungen zwischen Chemie, Botanik und Zoologie bei der Wasseruntersuchung.

Die Hauptstärke der Chemie bei Wasseranalysen liegt in der quantitativen Analyse. Es entsteht demgemäss die wichtige Frage, ob

---

1) Vergl. Apstein. S. 134 u. ff. und „Hydrobiologische Untersuchungen etc.“ (siehe vorn S. 34, Anm. 1), S. 99 u. 216.

die Analyse nach der Flora und Fauna auch quantitativ arbeiten kann. Zur Beantwortung dieser Frage verweisen wir auf die von uns vorgeschlagenen Ausdrücke Poly-, Meso- und Oligosaprobien, die bedeuten sollen, dass wir in den Organismen auch ein Maass für den Grad der Verschmutzung haben, zwar nicht durch Zahlen, aber durch die Typen der jeweilig auftretenden Lebewesen.

Wenn man, wie es in unserer Anstalt geschieht, die chemischen und biologischen Untersuchungsweisen bei der Beurtheilung des Wassers nach Möglichkeit neben einander zur Anwendung bringt, so gelangt man zu der Erkenntniss, dass bei der grossen Schwierigkeit des vorliegenden Gebietes in vielen Fällen eine grössere Sicherheit in den Resultaten zu erzielen ist als bisher, ja man kann wohl sagen, dass die Verhältnisse schon ungewöhnlich verwickelt liegen müssen, wenn man bei so weitgehender Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Faktoren in gröbliche Irrthümer verfallen soll.

Die blosse Anwendung der chemischen Analyse, das sei noch besonders bemerkt, kann vor allem in solchen Fällen auf Schwierigkeiten stossen, wo gleich bei der Probeentnahme Fehler vorkommen können. Nehmen wir z. B. den Fall, dass die einer Vorfluth zufliessenden, fäulnissfähigen Effluvien zu verschiedenen Tageszeiten sehr wechselnde Concentration oder gar qualitativ wechselnde Beschaffenheit besitzen, so kann es für den chemischen Begutachter unter Umständen sehr schwierig sein, eine correcte Durchschnittsprobe zu erhalten. Bei Ermittelungen nach der Fauna und Flora dagegen gewinnt man in den meisten Fällen an den festsitzenden Organismen und dem Bodengrund bezw. dem Schlamm sichere Anhaltspunkte. Da über diese das Abwasser in seiner wechselnden Concentration hinfliesst, so prägt sich in den festsitzenden Lebewesen ganz klar entweder die Durchschnittsbeschaffenheit des betreffenden Wassers aus,[1]) oder man erkennt Extreme der Verunreinigung, welche jeweilig vorgewaltet haben können. Nach der Fauna und Flora schliesst man eben durch die aus den organischen Stoffen gebildeten Saprobien auf Verschmutzung, während mittels der chemischen Analyse die Lösungen selbst untersucht werden, wenn sie eben zu der gewählten oder gegebenen Zeit zu fassen waren. Ferner können bei der chemischen Probeentnahme dann Schwierigkeiten entstehen, wenn in einem zu untersuchenden Wasser Rückstau stattfindet, da unter Umständen schwer zu entscheiden ist, an welcher

1) **Mez**, l. c. S. 309. 310.

Digitized by Google

Stelle die Probe entnommen werden soll. Zur Vorsicht müsste man dann mehrere Proben nehmen, wodurch aber die Untersuchung wesentlich erschwert und vertheuert wird. Das durch die Fauna und Flora in dem zu prüfenden Gewässer gebotene Bild giebt dagegen in den allermeisten Fällen die nöthigen Fingerzeige sofort.

Ein weiteres bekannteres Beispiel liefern viele tüchtige Gutachten aus den achtziger Jahren. Die beispielsweise durch Kalk geklärten Abwässer von schön blankem Aussehen wurden ganz folgerichtig der Probe auf Fäulnissfähigkeit unterworfen, und dabei konnte man feststellen, dass diese anscheinend vorzügliche Beschaffenheit des Wassers selbst nach längerem Stehen unverändert gut blieb. Trotzdem riefen solche Wässer, wenn sie in die Vorfluth geleitet wurden, erhebliche Kalamitäten hervor. Der Grund hierfür liegt bekanntlich in dem Umstande, dass Aetzkalk, besonders bei warmen Abwässern, viele organische Stoffe in Lösung hält, dass diese aber, wenn der Kalk sich im Flusswasser zu Monocarbonat umsetzt, wieder ausgeschieden werden. Zugleich verliert der Kalk seine fäulnisshemmende Eigenschaft, und die Fäulnisserreger gelangen bei der nun eintretenden neutralen Reaction erst recht zur Wirkung.[1])

Von Fall zu Fall ist natürlich zu entscheiden, wie weit unterhalb der Einmündungsstelle schädigender Zuflüsse die biologische Untersuchung zu erfolgen hat; oft sind die treibenden Wasserpilze noch viele Kilometer weit zu verfolgen, ebenso die festsitzenden Leptomitus- und Sphaerotilusflocken, welche letztere dann bei fortschreitender Reinigung kürzer und kürzer werden.

Das obige Beispiel lehrt, dass durch die Vernachlässigung des biologischen Factors bei aller sonst aufgewendeten Sorgfalt falsche Resultate erzielt werden konnten. Es handelte sich eben um eine Frage, welche zwei Wissensgebiete betraf, und es kann keine glücklichere

---

1) Marsson und Schiemenz, Die Schädigung der Fischerei etc. Zeitschrift für Fischerei. Bd. IX. S. 34—36. Eclatantes Beispiel für Kalkabwässer, welche durch Rückstau Fischgifte erzeugen.

Ferner Ferd. Cohn, Bericht über die mikroskopische Untersuchung der nach dem Hulwa'schen Verfahren gereinigten Fabrikwässer der Zuckerfabrik Waizenrodau in Schlesien. Enthalten in: Die Ergebnisse der in der Campagne 1886—87 angestellten amtlichen Untersuchung der Wirksamkeit des Dr. Hulwa'schen Reinigungsverfahrens in seiner Anwendung auf die Zuckerfabrik Waizenrodau in Schlesien. In verhältnissmässig wenigen Exemplaren gedruckt als Beilageheft zur Zeitschrift des Vereins f. d. Rübenzucker-Industrie des deutschen Reiches. S. 16—20.

Digitized by Google

Lösung auf diesem Gebiete geben, als wenn Chemie, Botanik und Zoologie in schwierigeren Fällen vereint arbeiten.

Es kommen auch Fälle vor, dass eine Schädigung vorliegt, welche sich beispielsweise durch ein Fischsterben kenntlich macht, ohne dass typische Abwasserorganismen aufgefunden werden können. Hier wird man unter Umständen sein Augenmerk zuerst auf das Plankton zu richten haben.

Ist das Zooplankton oberhalb der in Betracht kommenden Einflussstelle oder an den Rändern der Abwässerbahn reichlich vorhanden, dagegen unterhalb derselben gar nicht mehr vertreten, sind hier auch die Algen geschädigt, wobei sie z. B. Plasmolyse zeigen oder gar zum Absterben gebracht sein können, dann wird gelegentlich schon eine einfache Prüfung mit Lakmuspapier den Hinweis auf Säuren oder Alkalien geben. Die Untersuchung des Bodengrundes giebt weiteren Aufschluss, besonders auch durch die Schädigung der gröberen Fauna, die stabil bleibt, wenn die Unterschiede im Plankton schon verwischt sind (wir werden im Cap. VII. hierauf nochmals zurückkommen). Wir können also nach dem eben Gesagten auch im Stande sein, eine Beeinträchtigung durch Säuren oder Alkalien[1]) noch zu erkennen, namentlich durch Untersuchung des Schlammes, wenn solche Substanzen ihre schädliche Wirkung schon ausgeübt haben und die chemische Analyse keine Aufschlüsse mehr giebt. Mehr Schwierigkeiten bietet die Constatirung directer Gifte bei plötzlichem Fischsterben; doch kommen solche Fälle überaus selten vor. Bekannt ist aber, dass der Zoologe bei derartigen Gelegenheiten aus der Untersuchung des Fischkörpers selbst meist zu besseren und vor allem schnelleren Schlüssen gelangt, als der Chemiker, welcher nur ganz ausnahmsweise hier Gifte nachweisen kann[2]), da die unter dem Einflusse des Giftes gleichzeitig erfolgte starke Schleimabsonderung auf der Haut und an den Kiemen das weitere Eindringen von Giften in den Fischkörper nach seinem Tode fast immer verhindert. Oft handelt es sich auch um durch Parasiten erzeugte Krankheiten, für welche das Wasser nicht verantwortlich gemacht werden kann.

Endlich wollen wir noch kurz der Untersuchung von Wässern

---

1) cfr. **Mez**, l. c. S. 310.

Ferner **König**, Die Verunreinigung der Gewässer. 2. Aufl. 1899. S. 357 u. ff.

2) B. **Hofer**, Ueber die Mittel und Wege zum Nachweis von Fischwasserverunreinigungen durch Industrie und Städteabwässer. Allgemeine Fischereizeitung. München. XXVI. Jahrg. 1901. S. 419—424.

Digitized by Google

aus Torfgegenden gedenken. Die Beschaffenheit solcher Wässer wird gut durch einen Passus bei Roth und Lex[1]) charakterisirt, wo es Bd. I. S. 49 heisst: „Neben dem Nachweis der fauligen Zersetzung ist aber für die praktische Untersuchung, welche in der Regel ein allgemeines Urtheil über die Salubrität eines Wassers begründen soll, auch die Ermittelung der Disposition dazu von Interesse. Diese Disposition ist bei den im Wasser vorkommenden stickstoffhaltigen organischen Substanzen in viel höherem Grade entwickelt, als bei den stickstofflosen, welche hauptsächlich durch Huminkörper repräsentirt werden. In Torf- und Moorgegenden enthält das Wasser nicht selten erhebliche Mengen davon, ohne bei andauerndem Genuss schädliche Wirkungen zu äussern. Solches Wasser pflegt auch bei ruhigem Stehen in der Wärme keine Fäulnisserscheinungen zu entwickeln, während diese bei Anwesenheit stickstoffhaltiger organischer Substanzen durch jene Bedingungen gefördert oder hervorgerufen werden". Die Torfwässer sind oft durch die in ihnen lebenden Desmidiaceen[2]) leicht zu erkennen, pflegen auch sonst eine charakteristische Flora und Fauna zu bergen, welche aber für die uns interessirenden Fragen noch wenig untersucht ist. In diesen Fällen kann die biologische Methode dem Chemiker, den bei derartigen Wässern die Beurtheilung nach dem Permanganatverbrauch bekanntlich im Stich lässt, bisweilen wesentliche Unterstützung bieten.

Bezüglich des Fischlebens in derartigen moorigen Gewässern besitzen wir beachtenswerthe Untersuchungen in den Studien von Knauthe.[3])

VI. Ueber die Vorbedingungen für hydrobiologische Studien.

Die in Deutschland zuerst am Plöner See, dann am Müggelsee und an den Trachenberger Fischteichen errichteten biologischen Stationen haben die biologischen Kenntnisse im Allgemeinen sehr gefördert. Es ist hier nicht der Ort näher darauf einzugehen, ob den stabilen Stationen oder den transportablen [„fliegenden"][4]) der Vorzug zu geben ist. Es

1) Roth und Lex, Handbuch der Militärgesundheitspflege. Mit in den Text eingedruckten Holzschnitten und lithographischen Tafeln. Berlin 1872—1877.

2) Schmidle, l. c.

3) Karl Knauthe, Die Karpfenzucht. Neudamm 1901. S. 198—244: Die Moorteiche.

4) Frič u. Vávra, Untersuchungen über die Fauna der Gewässer Böhmens. III. Prag. 1897. Vergl. auch Apstein, l. c. S. 3.

wird sich dabei immer darum handeln, was für Untersuchungen an solchen Anstalten ausgeführt werden sollen. Die Station am Müggelsee z. B. ist vom deutschen Fischereiverein gegründet worden und verfolgt dementsprechend in erster Linie fischereiliche Interessen. Was das Fischleben anbetrifft, so steckt die Wissenschaft zum Theil noch in den Kinderschuhen, denn viele hydrobiologische Aufgaben harren hier noch ihrer Lösung. Es ist ein sehr glücklicher Gedanke, die Vorbedingungen des Fischlebens — und das ist ja ein grosser Theil des hydrobiologischen Gebietes — auch in einem unserer grösseren Flüsse, dem Rhein und speciell dem Oberrhein, zu erforschen, also die bis jetzt etwas vernachlässigte Thier- und Pflanzenwelt des fliessenden Wassers zu studieren. Es beabsichtigt nämlich der Deutsche Fischereiverein mit Unterstützung der betr. Einzelstaaten und des Reiches dort eine schwimmende Station einzurichten; auf einem Schiffe, welches mit allen technischen und wissenschaftlichen Hilfsmitteln versehen ist, sollen nicht tagelang, sondern wochen- und monatelang ununterbrochen Beobachtungen angestellt werden, welche das ganze thierische und pflanzliche Leben im Flusse betreffen, und nicht bloss in diesem selbst, sondern auch in den Nebenflüssen, in den Buchten, in den Altwässern, an den Ufern u. s. w.

Robert Lauterborn, einer unserer besten Kenner der Mikrofauna, ist der Urheber dieses Planes und hat auf dem im vorigen Jahre in Berlin abgehaltenen internationalen Zoologen-Congresse in einem Vortrage, welcher in den betreffenden Abhandlungen demnächst erscheinen wird, über die Aufgaben und Ziele einer solchen Station eingehend berichtet.

Wer sich mit hydrobiologischen Studien ausschliesslich beschäftigen will, dem ist das Arbeiten auf den biologischen Stationen als Vorstudium sehr zu empfehlen; nicht im Zimmer allein ist hier zu lernen, sondern in erster Linie am Wasser und auf dem Wasser!

Auch allerlei Versuche im Aquarium sind als recht lehrreich zu empfehlen; besonders hat man hier Gelegenheit, in allgemeinen Zügen die Wechselbeziehungen zwischen Thier und Pflanze im Wasser kennen zu lernen. Die von uns als Saprobien bezeichneten Abwasser-Organismen sowie viele Schlammbewohner lassen sich in Aquarien recht gut beobachten.

Wie weit es auf solchen scheinbar engbegrenzten Gebieten auch Laien bringen können, hat der kürzlich verstorbene Kaufmann P. Nitsche gezeigt durch seine Untersuchungen über Beseitigung von

Digitized by Google

Ektoparasiten der Zierfische,[1]) seine Einführung von ausländischen Fischen, Amphibien, Reptilien und Wasserpflanzen, durch seine Zuchtversuche aller Art u. s. w.

Natürlich thut es die Kenntniss der in Betracht kommenden Organismen allein auch noch nicht. So spielt in erster Linie auch die Art der Probeentnahme aus den Gewässern eine wichtige Rolle, worüber wir nothgedrungen einige Bemerkungen folgen lassen müssen, weil dazu ein gewisser Grad von Erfahrung gehört.

Wenn man schon im Zimmer bei Algenculturen beispielsweise sehen kann, dass in ein und demselben Gefäss die Algenfäden durch zu starke Verknäuelungen und bei gleichzeitiger schwacher Belichtung an einer Seite absterben[2]) können, während die kultivirten Organismen an anderen Stellen noch völlig normal sind, so wird man leicht begreifen, dass bei der Probeentnahme in der freien Natur nicht an zu begrenzten Stellen und auch nicht zu wenige Proben genommen werden dürfen, da der Ungeübte sonst leicht ein falsches Bild gewinnen kann.

Es muss ferner davor gewarnt werden, biologische Verhältnisse zu sehr zu verallgemeinern. Ein jedes Gewässer besitzt seine Individualität und muss dementsprechend behandelt werden. Auch die verschiedenen Abwässer werden auf den einen Fluss eine ganz andere Wirkung ausüben, als auf den anderen.[3])

In schwierigen Fällen würden wir sogar eine Begehung zu verschiedenen Jahreszeiten für erwünscht halten, z. B. einmal bei kalter und dann bei warmer Jahreszeit, bezw. umgekehrt; zuweilen kann diese Art der Untersuchung sogar von ausschlaggebender Bedeutung sein.[4]) Auch die Witterung in den Tagen vor der Probeentnahme ist oft wichtig.

Wenn wir auch noch die Probeentnahme-Apparate, welche bei der Untersuchung der Fauna und Flora nöthig sind, einer kurzen Besprechung unterziehen, so geschieht dies im Interesse der grossen

1) Paul Nitsche, Die Zucht des Schleierschwanzes und des Teleskopfisches im Zimmer und Garten. Zoolog. Garten. XXXIII. Jahrgang. Heft 10—11.

2) Auch in den Ecken der gekitteten Aquarien findet man manchmal kleine, locale Fäulnissherde.

3) J. Kupzis, Die Naphtagifte und ihr Einfluss auf Fische, andere Thiere und Bakterien. Zeitsch. für Fischerei. 9. Bd. S. 144—167.

P. Schiemenz, Industrie und Fischerei. Fischereizeitung. Neudamm 1902. Heft 8, 9, 10.

4) Mez, l. c. S. 353.

Wichtigkeit derselben. In erster Linie nennen wir das Planktonnetz.[1]) Wir haben event. verschiedene nöthig, für qualitative wie für quantitative Untersuchungen, solche für Vertical- sowie für Horizontalfänge, während man für Tiefenfänge ein Netz, mit einem Gewichte beschwert, verwendet, oder sich besonderer Schliessnetze[2]) bedient.

Die jeweilige Biocönose des Phyto- und des Zoo-Planktons, sowie die Menge und Art des Pseudoplanktons (Detritus, Fabrikabfälle u. s. w.) wird uns bei der (möglichst bald anzustellenden) mikroskopischen Untersuchung schon unterrichten, mit welcher Art Wasser wir es zu thun haben. Nicht unwichtig ist der Pfahlkratzer, mit welchem wir der an den Uferrändern und Pfählen sowie an Schilfstengeln befindlichen Algen, Pilze und vieler niederen Thiere (auch Spongillen und Bryozoen) habhaft werden. Diese Untersuchungen vermögen wir natürlich in den allermeisten Fällen gründlich nur vom Boote aus zu bewerkstelligen, namentlich wenn wir eins der wichtigsten Geräthschaften, das Scharrnetz (dredge) benutzen. Dieses darf nicht zu klein sein, um auch genügende Mengen des Flussgrundes absieben zu können; namentlich kommen die gröbere Fauna, ihre Mengenverhältnisse, ihre Lebensfähigkeit und ihre etwaige Schädigung durch Effluvien verschiedener Art, für welche Beurtheilung beispielsweise die Schnecken einen guten Maasstab bieten, in Betracht. An Stellen, wo die Benutzung eines Bootes nicht möglich ist, hilft zur Noth ein ausziehbarer Stock aus, an welchem wir ein kleines Algennetz (auch ein Planktonnetz), einen Schlammheber, einen Diatomaceenlöffel und einen Haken zum Abreissen von Wasserpflanzen, zum Herbeiholen von Algenwatten u. s. w. befestigen können. Ein Taschenmikroskop oder ein Algensucher wird in manchen Fällen erforderlich sein. Von Gläsern zum Aufbewahren der Fänge sollte man stets die doppelte Menge von dem mit sich führen, was anfangs nöthig scheinen möchte. Auch die Construction des Transportkorbes für die Geräthe und die Gläser ist von grösserer Wichtigkeit, als man vielleicht zu glauben geneigt ist.

Soll man einmal sein Urtheil nach den Resultaten, welche man

---

1) C. Apstein, Das Süsswasserplankton. 1896.

Klunzinger, Die Lehre von den Schwebewesen. 1897.

Johannes Müller, Ueber den allgemeinen Plan in der Entwicklung der Echinodermen. Gelesen in der Acad. der Wissensch. zu Berlin am 19. Febr. und 28. Oct. 1852. S. 23. Joh. Müller ist der Erfinder des Planktonnetzes.

2) Bruno Hofer, Die Verbreitung der Thierwelt im Bodensee. (Der Bodenseeforschungen zehnter Abschnitt). Lindau i. B. 1896.

Digitized by Google

aus übersandten oder von einem Anderen entnommenen Proben gewinnt, abgeben, so hat das fast immer sein Missliches. Aus dem Obengesagten dürfte wohl klar hervorgehen, dass auf die Art der Probeentnahme sehr viel oder das meiste ankommt, von der Wahl des Ortes für dieselbe gar nicht zu reden. Ein Conserviren der Proben wird man im Allgemeinen nur dann vornehmen, wenn man das lebende Material nicht bald nach der Entnahme zu untersuchen in der Lage ist. Es gehört Uebung in der Einzelbehandlung sowie vielseitige Erfahrung dazu, um schnell zu sehen, welche Art der Probeentnahme im gegebenen Falle die zweckmässigste ist. Es muss deshalb in den meisten Fällen der Gutachter selbst seine Proben entnehmen; ja oft giebt ihm schon bei der ersten Begehung das ganze biologische Bild eines Gewässers Aufschluss über die Ursachen und den Grad der Verunreinigung.

VII. Ueber Indicatoren für Verschmutzung.

Wir hatten oben hervorgehoben, dass die Chemie entweder eine grössere Analyse verlangt oder nur Indices benutzt, in bestimmten Fällen z. B. Ammoniak, um zu sehen, wie weit sich der Einfluss eines organischen Abwassers erstreckt. Dabei braucht das Ammoniak nicht die Ursache der Schädigung zu sein.[1]) Liegen farbige, z. B. rothe oder milchweisse Abwässer vor, so genügt eventuell natürlich die Farbe als Index.

Würde man, in ähnlicher Weise, in die Vorfluth eingeschwemmte Organismen verwerthen wollen, sagen wir Bakterien, so dürften diese im Flusse keine wesentliche Vermehrung durch Fortpflanzung erfahren, weil dann ihre massenhafte Verbreitung soweit flussabwärts festgestellt werden könnte, dass dort der Einfluss des betreffenden Abwassers als bereits beseitigt angesehen werden müsste.

Ein Beispiel mag das Gesagte näher erläutern. Mündet etwa ein Abwasser, welches mehrere Millionen Keime pro Cubikcentimeter enthält, in einen Fluss, so ist man, falls die Bakterien sich noch lebhaft vermehren, nicht ohne weiteres berechtigt, den Einfluss des Abwassers bis dahin zu rechnen, wo der Keimgehalt die normale Bakterienzahl des Flusswassers noch übertrifft, denn durch das Fliessen werden die Keime noch in Regionen verschleppt, wo sie sich zwar nicht mehr wesentlich entwickeln, aber auch nicht abgetödtet werden.[2])

---

1) Marsson und Schiemenz, Die Schädigung der Fischerei etc. l. c. S. 38.

2) cf. Mez, l. c. S. 554.

Digitized by Google

Oft gehen aber solche eingeschwemmten Bakterien im Kampfe ums Dasein mit Algen zu Grunde[1]) oder dienen vielen Protozoen und Räderthieren als Nahrung.

Seit längerer Zeit werden Muskelfasern in zerkleinertem Zustande, wie man sie in Fäkalien noch findet, als Indicatoren benutzt. Ebenso ist Ultramarin, welches in den Abwässern von Wäschereien vorkommt, als häufig brauchbarer Indicator für Verschmutzung bekannt; dasselbe gilt von Stärkekörnern, sei es, dass sie aus Wirthschaftswässern oder aus Fabrikwässern stammen. Auch der Menge des Detritus im Plankton, in demselben enthaltenen Textilfasern u. s w. ist Beachtung zu schenken, also dem so verschiedenartig zusammengesetzten Pseudoplankton[2]). Diese Objecte haben zwar mit der Fauna und Flora nichts zu thun, unterliegen aber der Prüfung seitens des Mikroskopikers. Ferner wollen wir des historischen Interesses halber darauf hinweisen, dass schon in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts die Organismen verschmutzter Brunnen als Indicatoren für die Cholera benutzt worden sind, indem die Polizei auf Anrathen von Ferdinand Cohn diejenigen Brunnen in Breslau schloss, welche zahlreiche Vertreter der Mikrofauna, wie Ciliaten und Flagellaten, enthielten.[3])

Hohe Bedeutung für die Beurtheilung von Wasserläufen ist der makroskopischen niederen Fauna von Schiemenz[4]) beigelegt worden, insofern sie durch Abwässer geschädigt wird, also als Indicator verwerthbar ist. Besonders die Thierwelt des Grundes kommt hierbei in Betracht. Der Unterschied des oberen reinen Flussgebietes

1) Lemmermann, Beitrag zur Algenflora des Plöner Seengebietes. Plöner Berichte. IV. S. 137—139.

2) Tiemann-Gärtner, Handbuch der Untersuchung und Beurtheilung der Wässer. IV. Aufl. 1895.

Mez, l. c. S. 489 u. 504.

Radlkofer, Mikroskopische Untersuchung der organischen Substanzen im Brunnenwasser. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 1. 1865.

Schröter, l. c. S. 11.

Klunzinger, l. c. S. 175.

Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. (Aus dem hygienischen Institut zu Berlin). Arch. f. Hyg. Bd. 38. S. 196.

Marsson, Besprechung der Spitta'schen Arbeit in der Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medicin u. öffentl. Gesundheitspflege. 3. Folge. XXII.

3) Cohn 1853. l. c. S. 234.

Vergl. dazu Thomé 1867. Zeitschrift f. Biologie. Bd. III.

Wolffhügel 1882. l. c. S. 144.

4) Marsson und Schiemenz, l. c. S. 60—64.

und des unteren verschmutzten ist oft ein krasser und in vielen Fällen schon an dem Zustand der mit dem Scharrnetz (dredge) heraufbeförderten Mollusken zu erkennen. Oberhalb des Zuflusses befinden sich Muscheln und Schnecken in der besten Lebensfähigkeit; in der je nach der Strömung abzumessenden Entfernung unterhalb des schädigenden Zuflusses sind dieselben abgestorben, und es ist genau zu entscheiden, ob dieses Absterben vor kurzer oder vor längerer Zeit stattgefunden hat, je nach dem Fäulnissgrade dieser Körper. In weiterer Entfernung oder entsprechender Verdünnung durch das Flusswasser werden die Schnecken sich nur in ihre Gehäuse zurückgezogen haben, aber noch lebend sein. Wir sehen aus diesen Ausführungen, um es nochmals zu betonen, dass wir es hier nicht ausschliesslich mit Leitorganismen zu thun haben, sondern mit Indicatoren; besonders aber sehen wir, dass die Untersuchung der Fauna auch in Fällen zur Geltung kommen kann, wo es sich um anorganische Effluvien handelt, wie Säuren, Alkalien, giftige Metalle, schädliche Farbstoffe u. dgl. mehr, selbst wenn die Entstehung von Saprobien aus den Zersetzungsproducten organischer Abwässer nicht in Frage kommt.

An dieser Stelle möchten wir endlich noch auf die Wichtigkeit der Bestimmung der im Wasser gelösten Gase hinweisen. Wenn der Begutachter beispielsweise zur Stelle eines grossen Fischsterbens gerufen wird, so kann der Fall eintreten, dass er weder Leitorganismen findet, noch andere Indicatoren, als eben die todten Fische. Hier handelt es sich einzig und allein um eine sofortige Sauerstoffbestimmung. Nach starken Gewitterregen werden oft so viele Schmutzstoffe und so schnell in die Flüsse gespült, Fäkalien durch die Nothauslässe hineingeleitet, dass ein rapider Sauerstoffschwund eintritt, welcher die Fische zum Ersticken bringen kann. Für solche Fälle ist auf ein Preisausschreiben des Deutschen Fischereivereins hin ein Apparat[1]) construirt worden, mit dessen Hilfe in vielen Fällen auch der Nichtchemiker in einer halben Stunde die Bestimmung des Sauerstoffs — bei Windstille sogar im Boote — ausführen kann; auch eine einfache Methode für den Nachweis der Kohlensäuremengen im Wasser ist in der Beschreibung angegeben. Die Bestimmung der Gase des Wassers wird für manche Ab-

---

1) Der Tenax-Apparat: Beschrieben und abgebildet in der Zeitschrift für angewandte Chemie. Berlin 1899. Heft 11.

C. Weigelt, Vorschriften. S. 30.

Digitized by Google

wasseruntersuchungen durchaus erforderlich.[1]) Ist der genannte Apparat auch in manchen Punkten noch nicht ganz zuverlässig, so erkennen wir immerhin aus der Forderung des deutschen Fischereivereins wenigstens das nützliche Bestreben, manche chemischen Methoden, die zwar sehr exact, aber umständlich sind, zu vereinfachen und leichter verwendbar zu machen.

VIII. Ueber die botanisch-zoologische Untersuchung und Beurtheilung des Trinkwassers.

Während wir im Vorstehenden die Beurtheilung nach der Fauna und Flora bei Verschmutzung in Vorfluthern behandelt haben, wenden wir uns jetzt zur Prüfung des Trinkwassers.

Röhrenbrunnen, welche durch Grundwasser gespeist werden, wird man nöthigenfalls chemisch oder bakteriologisch untersuchen, für mikroskopische Untersuchung liegt wohl nur in seltenen Fällen Veranlassung vor.

Auch bei Kesselbrunnen spielt die biologische Begutachtung im allgemeinen bei weitem nicht die Rolle, wie bei Beurtheilung der Vorfluther. Wenn man nicht gerade nach Schwefelbakterien und dadurch auf Schwefelwasserstoff zu fahnden sucht, oder wenn das Wasser nicht stark getrübt ist, wird sich die mikroskopische Prüfung auf die Untersuchung der Sedimente beschränken.[2]) Dabei können sich dann freilich wichtige Schlüsse ergeben, z. B. dass die Holzbohlen verfault sind, dass Rattenhaare ungenügenden Abschluss des Brunnens verrathen und dgl. mehr.

An zweiter Stelle interessirt uns hier das für Trinkzwecke verwendete Fluss-, Bach-, Seen- oder Thalsperrenwasser. Der Reinheitsgrad solcher Wässer, überhaupt ihre Gesammtbeschaffenheit, wird, falls nöthig, mikroskopisch im allgemeinen durch das Plankton beurtheilt, dessen Studium immer grössere Bedeutung gewinnt und in Anwendung

---

1) Marsson und Schiemenz, l. c. S. 40—44.

K. Knauthe, Beobachtungen über den Gasgehalt der Gewässer im Winter. Biologisches Centralblatt. Bd. 18. 1898. S. 785—805 und Bd. 19. 1899. S. 783 bis 799.

Derselbe, Der Kreislauf der Gase in unseren Gewässern. Fischereizeitung. Neudamm. Bd. 3. 1900. S. 113.

2) E. Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. Halle a. S. IV. Aufl. 1880. S. 137.

Digitized by Google

auf praktische Bedürfnisse noch erheblich vertieft werden muss. Die dauernde Controlle besagter Wässer wird bekanntlich sehr erfolgreich durch die Bakterienzählung bisher geübt; auch hier macht man die Beobachtung, dass beide Untersuchungsmethoden nach unseren Erfahrungen sich in ihren Resultaten im Wesentlichen decken.

Wir wollen auf Einzelheiten nicht näher Bezug nehmen, sondern nur auf die in der historischen Uebersicht citirte Planktonliteratur, welche aber auf Vollständigkeit keinen Anspruch macht, hinweisen. Indessen soll auf einen wesentlichen Punkt noch aufmerksam gemacht werden. Es giebt wohl kaum ein reines Gewässer, welches von kleinen Schwebewesen gänzlich frei ist; wir finden Plankton demnach in Menge auch in vielen krystallklaren Gebirgs-Wässern und -Seen, ausnahmsweise sogar in solcher Menge, dass es die Farbe des betreffenden Wassers beeinflussen kann. Aus dem Vorhandensein von Plankton an sich ist also noch nichts bezüglich des Reinheitsgrades des Wassers zu schliessen; es kommt dabei, wie auch sonst bei biologischen Untersuchungen, immer auf die näher festzustellenden Gattungen und Arten an.[1])

Vor allem wird die mikroskopische Untersuchung immer da Platz greifen müssen, wo lästige Calamitäten bei der Trinkwasserversorgung auftreten, z. B. Crenothrixplagen in Wasserleitungen,[2]) Wasserblüthen in Stauweihern u. a. m.[3])

IX. Ueber den wissenschaftlichen Ausbau der botanisch-zoologischen Wasseranalyse.

Wie vorstehend ausgeführt, gehört das Capitel der Beurtheilung des Wassers nach der Flora und Fauna zum wesentlichen Theil in

1) Bei tieferen Seen verdienen auch die „Tiefenzonen“ der Organismenwelt Beachtung.

Vergl. F. Brand, Ueber die Vegetationsverhältnisse des Würmsees und seine Grundalgen. Botan. Centralbl. Bd. 65. 1896. S. 1—13.

2) Hugo de Vries, Die Pflanzen und Thiere in den dunklen Räumen der Rotterdamer Wasserleitung. Bericht über die biologischen Untersuchungen der Crenothrix-Commission zu Rotterdam vom Jahre 1887. Jena 1890.

Vergl. auch Karl Kraepelin, Die Fauna der Hamburger Wasserleitung. Abhandl. d. naturwissensch. Vereins in Hamburg. Bd. IX. 1886.

3) Siehe u. a. ferner A. W. Bennett, On vegetable growths as evidence of the purity or impurity of water. St. Thomas's Hospital Reports. XX. 1892. S. 51—58.

das Gebiet der Lehre vom Genossenschaftsleben der Organismen, einem bekanntlich erst in neuerer Zeit besonders intensiv bearbeiteten Zweig der Botanik und Zoologie.

Die hygienischen und wirthschaftlichen Interessen, welche sich an unsere Gewässer knüpfen, haben zu der Nothwendigkeit geführt, einen tieferen Einblick in die Factoren zu gewinnen, welche dieses Leben im Wasser fördern oder hemmen. Dieses rein praktische Bedürfniss deckt sich mit dem in der Wissenschaft lebhaft rege gewordenen, die Bedingungen zu erforschen, welche für das Zustandekommen eines solchen Genossenschaftslebens maassgebend sind[1]). Diese Bedingungen werden wir nur kennen lernen, wenn wir die Ernährungsphysiologie und den Concurrenzkampf der in Betracht kommenden Lebewesen näher studiren.

Wir haben deshalb zum weiteren Ausbau der floristischen und faunistischen Untersuchungsmethode, die sich zweifellos noch wesentlich verfeinern lässt, die bereits gewonnenen Resultate der Wissenschaft praktisch anzuwenden, ferner die Vorgänge, welche sich bei dem Concurrenzkampf der Organismen in der freien Natur abspielen, sorgfältig weiter zu erforschen; hierbei werden physiologische Untersuchungen, namentlich an reingezüchteten Organismen, von wesentlicher Bedeutung sein.

Dass auf diesem Gebiete in der Zukunft noch vieles zu erforschen ist, geht beispielsweise daraus hervor, dass wir von einer Unzahl von Organismen noch nicht wissen, ob sie meso- oder oligosaprob sind oder für unsere Zwecke sich überhaupt verwenden lassen. Es erscheint uns ferner wichtig, eine ganze Reihe von Organismen auch bezüglich ihrer Systematik durchzuarbeiten, z. B. die Eisenbakterien und manche Schwefelpilze; des weiteren dürfte sich zeigen, dass im Abwasser noch bisher unbekannte neue Formen aufzufinden sein werden, von Bakterien ganz abgesehen.

Solche Studien sind zunächst rein wissenschaftliche, aber sie haben praktische Ergebnisse unmittelbar im Gefolge. Wir haben bei diesen Studien uns des wichtigen Factums zu erfreuen, dass die Chemie uns zahllose Analysen der in Frage stehenden natürlichen Gewässer liefert, und wahrscheinlich wird oft schon das gleichzeitige Registriren der Analysen und der im Wasser beobachteten Organismen

---

1) Vergl. auch S. Stockmayer, Das Leben des Baches (des Wassers überhaupt). Berichte d. deutschen botanischen Ges. Bd. XII. 1894. S. (133)—(141).

Digitized by Google

wichtige Aufschlüsse über die Lebenseigenthümlichkeiten der letzteren geben.

Neben diesen Studien über die Ernährungsphysiologie, Entwicklungsgeschichte und den Concurrenzkampf der in Frage kommenden Organismen ergiebt sich weiter noch die Nothwendigkeit, die Grenzen ihrer Anpassungsfähigkeit nach der physiologischen sowohl wie auch nach der morphologischen Seite hin zu prüfen, um so auch aus dem im Vergleich zum normalen Zustand veränderten Bau und der veränderten Lebensweise der Zellen auf die Beschaffenheit des Wassers Schlüsse ziehen zu können, wie das in einigen Fällen schon für Rotatorien[1]), Flagellaten, Bacillariaceen und Oscillariaceen möglich ist; als Beispiele erwähnen wir kurz nur Euglena und Nitzschia.

Wollen wir neben der chemischen und bakteriologischen Untersuchung auch auf Grund der faunistischen und floristischen Befunde Gewässer vergleichen, so müssen die hierbei zu befolgenden, einheitlichen Methoden noch näher ausgebaut werden. Wesentliche Anhaltspunkte werden dabei die von Hensen angebahnten quantitativen Planktonfänge[2]) bieten.

Wir erkennen also, dass für die Förderung der das Wasser betreffenden Fragen nicht allein die verschiedensten Wissenszweige, wie Chemie, Zoologie, Botanik einschliesslich Bakteriologie, Physik und Technik zu Rathe gezogen werden müssen, sondern sogar innerhalb der einzelnen Disciplinen wieder die verschiedenen Gebiete in gemeinsamer Arbeit das Ihrige leisten müssen.

X. Schlussbetrachtungen.

Durch das Zusammenarbeiten von Chemie, Botanik, Bakteriologie und Zoologie sind wir in neuerer Zeit in der Beurtheilung der Beschaffenheit eines Gewässers wesentlich vorwärts gekommen, und es steht sicher zu hoffen, dass noch weitere erhebliche Fortschritte zu erzielen sein werden.

Vor allem scheint uns ein Factum von besonderer Bedeutung: Bei richtiger Anwendung der erwähnten Wissenszweige ist es unserer Meinung nach im Allgemeinen kaum mehr möglich, ein natürliches Gewässer bezüglich seines Verschmutzungsgrades unzutreffend

1) Zacharias, Biolog. Centralblatt. XIX. 1899. S. 317, 318.
2) Vergl. Apstein, l. c.

Digitized by Google

zu beurtheilen; es wird höchstens der Fall eintreten können, dass unter besonders verwickelten Verhältnissen ein endgiltiges Urtheil nicht sogleich zu erlangen ist.

Wichtig ist auch, dass bei gründlicher Beherrschung der Wasserbeurtheilung der Begutachter viel leichter von Fall zu Fall zu urtheilen befähigt ist und weit weniger in die Nothwendigkeit versetzt wird, den höchsten Reinheitsgrad von Abwässern, welche in eine Vorfluth eingeleitet werden, generell zu fordern. Es besteht somit viel weniger die Gefahr, dass bei Maassnahmen zwecks Abwässerbeseitigung unnütze Härten unterlaufen.

Es wird sich ferner zeigen, dass denjenigen Experimentatoren, welche an dem Ausbau und der Verbesserung von Reinigungsverfahren arbeiten, die mikroskopische Controlle oft werthvolle Dienste leisten wird. Wir denken beispielsweise daran, dass die im ablaufenden Wasser einer Kläranlage auftretenden Organismen, wenn dieses Wasser theils verschlossen, theils offen stehen bleibt, wichtige Fingerzeige geben werden, so dass derjenige, welchem solche Controlle zur Verfügung steht, einen tieferen und schnelleren Einblick in die Wirkungsweise des betreffenden Klärverfahrens gewinnt. Diese Methode ist zwar schon früher geübt worden, z. B. durch Hulwa,[1]) aber wenn man eben erst genau weiss, welche Organismen poly-, meso- und obligosaprob sind, so kann man voraussichtlich besser als früher den Reinigungseffect und die Wirkung auf die Vorfluth beurtheilen. Die meisten Chemiker pflegen sich heute darauf zu beschränken, die evtl. auftretende Entwicklung von Schwefelwasserstoff zu prüfen, was in gewissen Fällen auch als ausreichend bezeichnet werden kann.

Wir bemerken dabei, dass wir hier nicht vom rein theoretischen Standpunkt urtheilen, sondern an bestimmte Fälle denken, nämlich an Beobachtungen an Oxydationskörpern. Wir verweisen auch auf ähnliche Fälle aus der Praxis, wo das Eingreifen des Mikroskopikers sehr segensreich gewirkt hat, nämlich in den Gährungsgewerben, wie Brauerei und Weinkellerei. Auch auf diesen Gebieten herrscht ein wissenschaftlich und damit auch praktisch sehr rühriges Arbeiten.

Ferner sind mit den von uns gepflogenen Studien auch diejenigen modernen landwirthschaftlichen Bestrebungen wissenschaftlich verwandt, welche auf das Studium der Zersetzungserscheinungen im Boden ge-

---

1) Vergl. Hulwa, Beiträge zur Schwemmkanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau. 1890. S. 32, 33 und die Tabellen.

Digitized by Google

richtet sind und den Process der Humification, der ja gleichfalls in einer Zersetzung hochmolecularer Verbindungen besteht, zum Gegenstand haben.[1])

Wie weit der Interessenkreis aller solcher modernen Studien geht, lehren endlich ferner die neueren Untersuchungen über den Stoffwechsel im Ocean, besonders über die Beziehungen des Planktons der tropischen und kalten Meere zu deren Stickstoffgehalt.[2])

Wir wollen mit diesen allgemeinen Hinweisen, die zur Genüge zeigen dürften, in welchen wissenschaftlichen Rahmen ungefähr die Untersuchung des Wassers nach seiner Flora und Fauna gehört und welcher Wirkungskreis ihr zukommt, schliessen und nur noch die Bemerkung anknüpfen, dass neben der bedeutend weiter entwickelten Bakteriologie jetzt auch dieses zweite der von Ferdinand Cohn erschlossenen Gebiete für die Praxis gesichert sein dürfte.

1) Wollny, Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildung. 1897.

2) K. Brandt, Ueber den Stoffwechsel im Meere. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. Abth. Kiel. 1899 u. 1901. Man vergl. auch das Referat in der Botanischen Zeitung 1902. II. Abth. S. 161—167.

Digitized by Google

2.

Beitrag zur Kenntniss der Reinigungseffecte in den Filtern beim biologischen Abwässerreinigungsverfahren.

Von

Dr. O. Emmerling,

Privatdocenten an der Universität Berlin, Wissenschaftlichem Mitarbeiter der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Wie rasch organische Substanzen bei der Behandlung nach dem biologischen Verfahren in den Filtern absorbirt und alsdann oxydirt werden, erscheint durch so zahlreiche praktische Versuche nachgewiesen, dass es fast als überflüssig angesehen werden könnte, diese Frage von Neuem experimentell zu prüfen, wenn nicht dennoch unsere Kenntnisse über die dabei stattfindenden Vorgänge manche Lücken aufwiesen.

Sehr eingehend findet man darüber Belehrung in der Abhandlung von Dunbar und Thumm.[1]) Diese Autoren messen den Reinheitsgrad der Abwässer in den meisten Fällen an der Grösse der Oxydirbarkeit resp. deren Abnahme nach der biologischen Behandlung.

Man muss zugeben, dass man in praxi den fäulnissfähigen Stickstoffsubstanzen bei der Beurtheilung von Abwässern das grösste Interesse zuzuwenden hat, da sie die wichtigsten Momente der Verunreinigung in zahlreichen Fällen bilden, und dass consequenter Weise ihre Abnahme einen Gradmesser für die Leistung irgend einer Reinigungsmethode abgiebt. Indess kommen doch Verhältnisse vor, wo die Verunreinigung mit organischen Stoffen weniger von stickstoffhaltigen, fäulnissfähigen Eiweisskörpern herrührt, wo letztere vielmehr sehr

---

1) Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwässerreinigungsfrage. München und Berlin. 1902.

gegen andere, stickstofffreie, wie Kohlehydrate, organische Säuren u. A. zurücktreten. In solchen Fällen kann man zwar nicht eigentlich von Fäulniss der Abwässer sprechen, einem Vorgange, den wir gewöhnt sind lediglich auf die Zersetzung von Eiweisskörpern anzuwenden, wohl aber von verschiedenen Gährungen, welche grössere Belästigungen herbeiführen können, sei es direct durch Erzeugung übler Gerüche, sei es indirect durch Begünstigung der Entwicklung gewisser schädlicher Organismen.

Aus diesem Grunde verdienen auch derartige stickstofffreie Substanzen sehr die Beachtung und müssen in den Bereich der Untersuchung gezogen werden; einen Anfang dazu sollen die folgenden Versuche bilden. Dieselben sind nicht abgeschlossen, denn die sich aufdrängenden Fragen sind zahlreich und mannigfacher Natur. Die Versuche zeigen jedoch schon jetzt, welchen enormen Effect auch hier das biologische Verfahren auszuüben im Stande ist. Sie zeigen ferner auch, dass Körper, von denen man meist annahm, dass sie durch die biologische Behandlung nur schwer zersetzt würden, wie beispielsweise die Pektinstoffe, hierdurch rasch und für praktische Verhältnisse genügend beseitigt werden können.

Als Massstab für die fortschreitende Reinigung galt auch hier zunächst die Abnahme der Oxydirbarkeit. Mit Recht weisen Dunbar und Thumm darauf hin, dass die Bestimmung der Oxydirbarkeit nicht nur die bequemste Methode bildet, sondern dass sie auch im Allgemeinen in ziemlich constantem Verhältniss zu dem Gehalt an organischem Stickstoff und dem Glühverlust des Verdampfungsrückstandes steht.

Indessen ist der Permanganatverbrauch bei meinen Versuchen nicht der einzige Werthmesser gewesen; es ist vielmehr experimentell nachgewiesen worden, wie rasch und wie weit die ursprünglich organische Substanz bei einem gewissen Rückgang der Oxydirbarkeit nun auch wirklich verändert wurde, und wie weit dies geschehen musste, um ein Abwasser als unschädlich bezeichnen zu können. Dunbar und Thumm waren bei ihren Untersuchungen zu dem Schlusse gekommen, dass Abwässer, bei denen nach der biologischen Behandlung eine Abnahme der Oxydirbarkeit um 60—65 pCt. zu constatiren war, der Fäulniss nicht mehr anheimfielen. Es galt, diese Verhältnisse auf stickstofffreie Körper zu übertragen. Zur Controlle ist auch ein Versuch mit einem Eiweisskörper ausgeführt worden.

Um die Veränderung resp. das Verschwinden organischer Substanzen

Digitized by Google

zu constatiren, war es selbstverständlich ausgeschlossen, natürliche Abwässer zu verwenden, deren organische Verunreinigungen sich aus den verschiedensten analytisch nicht zu ermittelnden Componenten zusammensetzen. Es galt vielmehr, und dies liess sich nur in kleinen Versuchsanlagen ausführen, bestimmt charakterisirte chemische Individuen zu wählen, bei denen eine Abnahme experimentell zu verfolgen war.

Bei der Wahl derselben ist jedoch stets Rücksicht auf praktische Verhältnisse genommen worden d. h. auf solche Substanzen, welche zum Theil wichtige Verunreinigungsfaktoren grosser Industriezweige bilden. Hierzu gehören vor Allem mehrere Kohlehydrate, wie Zucker, Stärke, Pektinkörper, aber auch Säuren wie Milchsäure, welch letztere durch Gährung aus Kohlehydraten entsteht.

Die Untersuchung selbst zeigte gewisse Schwierigkeiten, bedingt durch die Natur der erwähnten Substanzen oder durch die Grenzen, welche der chemischen Untersuchungsmethode gezogen sind, denn es galt immer eine Bestimmung in sehr verdünnten Lösungen vorzunehmen. Am einfachsten gestaltete sich die Sache noch bei Zucker und Stärke, war bei der Milchsäure schon schwieriger und führte bei den Pektinstoffen nur zu annähernden Werthen, die jedoch trotzdem verwendbare Resultate ergaben.

Als Filter wurden speciell für den Zweck angefertigte Eisenblechcylinder verwendet, welche innen und aussen gut emaillirt und am Fuss mit verschliessbaren Abflussrohren versehen waren. Sie standen in einem Raum, der die Durchschnittstemperatur von 18° C. zeigte.

Ein Cylinder I war mit 18 Liter grober eingearbeiteter Schlacke von der Korngrösse 8—25 mm beschickt. Die Schlacke stammte, wie auch die folgende, von der Tempelhofer Anlage und war 137 mal mit Tempelhofer Abwässern beschickt worden.

Cylinder II enthielt 15 Liter Schlacke von Korngrösse 3—8 mm.

Cylinder III enthielt 6 Liter Sand von 3 mm Korngrösse abwärts.

Bezüglich dieser Materialien siehe die Arbeit von Pritzkow und Thumm in diesem Hefte.[1]) Bevor diese Cylinder mit den zu prüfenden Flüssigkeiten beschickt wurden, wurde das Filtermaterial zunächst mehrfach mit Wasser sorgfältig ausgewaschen; dann wurde eine Füllung mit der zu prüfenden Flüssigkeit vorgenommen, die letztere eine Stunde darin stehen gelassen, dann entleert; danach blieben die

1) Aus äusseren Gründen musste die Veröffentlichung der Arbeit von Pritzkow und Thumm auf das nächste Heft verschoben werden.

Cylinder 6 Tage leer stehen, und nun erst folgte der eigentliche Versuch.

Versuch mit Traubenzucker.

Traubenzucker kommt bei Reinigung von Zuckerfabrikabwässern und verschiedenen Effluvien der Gährungsgewerbe in Betracht. Auch Rohrzucker geht erfahrungsgemäss vor tieferer Zersetzung in Traubenzucker und Fruchtzucker über.

Die Zuckerbestimmung wurde nach der bekannten Fehling'schen Methode ausgeführt; wo die Verdünnung zu gross war, wurden mehrere Liter im Vacuum bei 40—50° verdampft.

Gehalt des Wassers an Traubenzucker 0,33 g im Liter.
1 Liter verbraucht 632 mg Permanganat.
Beim Stehen trübt sich das Wasser, und es wachsen Schimmelpilze darin.

Nach einstündigem Stehen in Cylinder I:

Abnahme des Zuckers um . . . . 63,7 pCt.
" der Oxydirbarkeit . . . 45,1 "

Nach einstündigem Stehen in Cylinder II:

Abnahme des Zuckers um . . . 80 pCt.
" der Oxydirbarkeit . . . 62,5 "

Das Wasser bleibt beim Stehen klar.
Das von Cylinder II ablaufende Wasser kommt $^1/_2$ Stunde in Cylinder III:
Zucker ist nicht mehr nachweisbar.
Abnahme der Oxydirbarkeit . . . 77,6 pCt.

Aus den Versuchen geht hervor, dass Zuckerlösungen in obiger Concentration nach der biologischen Behandlung, namentlich bei kleiner Korngrösse und nachheriger Sandfiltration, ihren Zucker sehr schnell verlieren; bereits bei einem Rückgang um 80 pCt., entsprechend einer Abnahme der Oxydirbarkeit um 62,5 pCt., bleiben die Wässer klar.

Controlversuche.

Gehalt des Wassers — 0,28 g im Liter.
Oxydirbarkeit = 553 mgr.

Von Cylinder I ablaufend:

Rückgang des Zuckers = 60,8 pCt.
" der Oxydirbarkeit 45,8 "

Von Cylinder II ablaufend:

Abnahme des Zuckers . . . 83,5 pCt.
" der Oxydirbarkeit . . 64,2 "

Digitized by Google

Von Cylinder III ablaufend:

Zucker nicht nachweisbar.
Abnahme der Oxydirbarkeit . . . 87 pCt.

Dasselbe Wasser blieb 3 Stunden in Cylinder II stehen:

Zucker nicht nachweisbar.
Abnahme der Oxydirbarkeit . . . 82,5 pCt.

Dreistündige Behandlung in feiner Schlacke bewirkt also denselben Effect, wie einstündiges Stehen darin und nachfolgende Sandbehandlung.

Versuch mit Traganthschleim.

Die Bestimmung wurde durch Verdampfen im Vacuum, Versetzen mit Alkohol und Sammeln auf gewogenem Filter ausgeführt.

Das Wasser enthielt Schleim = 0,185 g im Liter.
Oxydirbarkeit = 252,8 mg.

Nach einstündigem Stehen in Cylinder I:

Abnahme des Schleims . . . 64,5 pCt.
„ der Oxydirbarkeit . . 38 „

Nach einstündigem Stehen in Cylinder II:

Abnahme des Schleims . . . 71,9 pCt.
„ der Oxydirbarkeit . . 50 „

Darauf folgendes einstündiges Stehen in Cylinder III:

Schleim nicht mehr nachweisbar.
Abnahme der Oxydirbarkeit . . 61 pCt.

Controle.

Das Wasser enthielt 0,1655 g Schleim im Liter.
Oxydirbarkeit 218 mg pro Liter.

Nach dreistündigem Stehen in Cylinder II:

Schleim nicht nachweisbar.
Abnahme der Oxydirbarkeit . . 65,5 pCt.

Das Wasser bleibt klar.

Schleim- resp. Pektinstoffe werden langsamer als Zucker oxydirt, es findet jedoch auch hier in nicht allzulanger Zeit eine vollständige Veränderung statt. Das gereinigte Wasser ist als unschädlich zu bezeichnen. Dieser Effect entspricht einem Rückgang der Oxydirbarkeit um 65 pCt.

Digitized by Google

Versuch mit Stärke.

Methode der Bestimmung wie beim Zucker nach der Behandlung mit verdünnter Säure.

Das Wasser enthielt 0,240 g Stärke im Liter.
Oxydirbarkeit 510 mg.

Nach einstündigem Stehen in Cylinder I:

Abnahme der Stärke um . .	54,2	pCt.
„ der Oxydirbarkeit .	46,7	„

Nach einstündigem Stehen in Cylinder II:

Abnahme der Stärke um . .	82,5	pCt.
„ der Oxydirbarkeit .	63,1	„

Das Wasser riecht etwas modrig.

Nachträgliches Behandeln in Cylinder III:

Stärke nicht nachweisbar.
Abnahme der Oxydirbarkeit um . 75 pCt.

Das Wasser blieb klar und geruchlos.

Stärke verhält sich im Allgemeinen wie Zucker; dem vollständigen Verschwinden entspricht eine Abnahme der Oxydirbarkeit um 75 pCt.

Versuch mit Milchsäure.

Verwendet wurde dieselbe als Kalksalz.

Die Bestimmung geschah durch Verdampfen mehrerer Liter, Versetzen mit Schwefelsäure, erschöpfendes Ausäthern, Kochen des Aetherrückstandes mit Zinkoxyd und Bestimmung des gelösten Zinks.

Das Wasser enthielt 0,205 g Milchsäure im Liter.
Oxydirbarkeit 316 mg pro Liter.

Nach einstündigem Stehen in Cylinder I:

Abnahme der Milchsäure um . .	72	pCt.
„ „ Oxydirbarkeit . .	64	„

Nach einstündigem Stehen in Cylinder II:

Milchsäure nicht bestimmbar.
Abnahme der Oxydirbarkeit . . 79,5 pCt.

Schon in dem von Cylinder I ablaufenden Wasser tritt weder Trübung noch Geruch auf.

Versuch mit Pepton.

Da eine directe Bestimmungsmethode von Eiweisskörpern in solchen Verdünnungen, wie sie hier vorlag, nicht existirt, so konnte

nur der organische Stickstoff einen Massstab bilden. Da derselbe jedoch auch von Abbauproducten des Eiweisses herrühren kann, wurde wenigstens stets eine qualitative Probe ausgeführt und so lange unverändertes Pepton angenommen, als die bekannte Biuretreaction eintrat.

Das Wasser enthält Pepton (durch Multiplication des organischen Stickstoffes mit 6,25) = 0,1481 g im Liter.

Nach einstündigem Stehen in Cylinder I:

Abnahme des org. Stickstoffes um .	65 pCt.
„ der Oxydirbarkeit . .	60,5 „

Der Rückstand zeigt noch schwache Biuretreaction.

Nach einstündigem Stehen in Cylinder II:

Abnahme des org. Stickstoffes um .	70,1 pCt.
„ der Oxydirbarkeit . .	69,5 „

Biuretprobe negativ.
Das Wasser fault nicht mehr.

Controle.

Das Wasser enthält org. Stickstoff 0,0324 im Liter.
Oxydirbarkeit = 348 mg.

Nach dreistündigem Stehen in Cylinder II:

Abnahme des org. Stickstoffes um .	68,1 pCt.
„ der Oxydirbarkeit . .	65,0 „

Aus den vorstehenden Versuchen geht nicht nur die vorzügliche Wirkung des biologischen Verfahrens auf stickstoffhaltige und stickstofffreie Substanzen hervor, sondern sie bestätigen auch im Grossen und Ganzen die Annahme Dunbar's und Thumm's, dass eine Abnahme der Oxydirbarkeit um einige 60 pCt. Abwässern den Stempel der Unschädlichkeit aufdrückt. Vielleicht dürfte in einigen Fällen dieser Werth auf 70 pCt. zu erhöhen sein. Dagegen kann die vielfach verbreitete Ansicht, dass in den Oxydationskörpern die sämmtliche organische Substanz sofort verändert werde, nicht unbedingt richtig sein; eine solche totale Veränderung findet erst nach längerer Zeit statt; die Länge dieser Zeit hängt von der Natur der Substanz ab.

Ebenso bestätigen die Versuche die von Dunbar und Thumm ausgesprochene Ansicht, dass man die Wirkung des biologischen Verfahrens *nicht* so auffassen darf, als ob ein Theil der organischen Substanz im Filter absorbirt werde, der andere unverändert abliefe. Der ablaufende Theil ist, wenn nicht vollständig, doch zum grössten

Digitized by Google

Theil und nach bestimmter Zeit sogar total verändert; er wirkt noch reducirend auf Permanganat, hat aber seine ursprüngliche Form verloren und ist meist unschädlich geworden, d. h. hat seine Gährfähigkeit verloren.

Diese Arbeit wird fortgesetzt werden und soll sich sowohl auf verschiedene andere Substanzen erstrecken, welche für praktische Fälle Bedeutung haben, als auch auf Gemische gewisser Körper, um so allmählich zu complicirteren, den wirklichen Verhältnissen mehr und mehr entsprechenden zu kommen.

Digitized by Google

3.

Untersuchung über die Bestandtheile der Schwimmschicht und ihr Entstehen auf den Abwässern in den Faulbassins biologischer Anlagen.

Von

Dr. O. Emmerling,

Privatdocenten an der Universität Berlin, Wissenschaftlichem Mitarbeiter der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Eine besondere Abart der biologischen Reinigungsmethode von Abwässern bildet das sogenannte Faulverfahren, bei welchem vor der Reinigung in den Oxydationskörpern die Wässer einen Faulprocess durchmachen. Durch denselben werden nicht nur grosse Mengen der suspendirten, sonst Schlamm bildenden organischen Bestandtheile in Lösung übergeführt, sondern zum Theil auch soweit in ihrem chemischem Charakter verändert, dass sie der späteren Oxydation leichter zugänglich sind.

Da, wo dieser Fäulnissprocess in nach aussenhin abgeschlossenen Gruben oder Bassins vor sich geht, ist eine grössere Belästigung der Umgebung ausgeschlossen; wo man aber aus irgend welchen Gründen genöthigt ist, offene oder nur leicht bedeckte Becken anzuwenden, würden die Fäulnissproducte sich sehr offensiv bemerkbar machen, wenn nicht die Wässer selbst einen natürlichen Abschluss gegen die Atmosphäre erzeugten in Form einer an ihrer Oberfläche entstehenden Decke, welche stinkende Gase nicht durchlässt. Es ist deshalb bei derartigen offenen Faulbassins der grösste Werth auf diese Decke oder Schwimmschicht zu legen und ihre Entstehung in jeder Weise zu fördern.

Um über die Zusammensetzung der Schwimmschicht, zunächst in einem bestimmten Falle, Näheres zu ermitteln und eventuell auch über ihre Entstehung etwas in Erfahrung zu bringen, wurden zunächst

Digitized by Google

Untersuchungen an einem mir leicht zugängigen Material vorgenommen, nämlich an der Schwimmschicht in dem Faulraum der Kläranlage zu Tempelhof bei Berlin.

Die Arbeit ist auf Wunsch und Veranlassung des Leiters der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, Herrn Geheimen Obermedicinalraths Dr. Schmidtmann unternommen und im ersten chemischen Universitätslaboratorium ausgeführt worden, dessen vorzügliche Einrichtungen, namentlich grössere Bruträume, sie wesentlich erleichterten. Die Schwimmschicht in Tempelhof, von der eine Probe Ende September 1901 entnommen wurde, zeigte sich damals bestehend aus gröberen und feineren Partikeln organischer Natur, Pflanzenresten, Papier, Haaren, Fett u. s. w., durchwachsen von einem dichten Pilzmycel, welches das Ganze zu einer zähen Haut verkittete. Dazwischen fanden sich humöse, schwärzliche Substanzen, welche offenbar aus einem Zerfall der pflanzlichen Gebilde herrührten.

Von den vorhandenen Schimmelpilzen, welche, wie die Untersuchung mikroskopischer Zupfpräparate ergab, nicht nur in der Decke wucherten, sondern die auch aus dem darunter befindlichen Wasser isolirt wurden, sind zu nennen: Mucor mucedo, Penicillium glaucum, eine Pilobolusart, Aspergillus clavatus und eine Alternaria. Von anderen Organismen fanden sich Oidium lactis und häufig Hefen. Natürlich waren auch die Bakterien zahlreich vertreten, die, zum Theil in Zoogloeen, hauptsächlich an der unteren Seite der Schwimmschicht zu finden waren.

Von lebenden Bakterien, die im Wasser befindlich, wurde eine grössere Anzahl isolirt; doch sollen hier nur die genannt werden, denen für die Gährungsvorgänge und für Bildung der Decke meines Erachtens eine Rolle zuerkannt werden muss. Regelmässig wurden gefunden: Bacterium coli commune, Proteus vulgaris, Proteus Zenkeri, Bacillus fluorescens liquefaciens, Bacillus aërogenes, Bacillus subtilis, Buttersäurebakterien, verschiedene Kokken, Schwefelbakterien, Spirillen verschiedener Art. Die Zoogloeahäute bestanden vorwiegend aus Bakterien etwa von der Grösse und Form des Bacillus subtilis, sowie aus Bacillus fluorescens liquefaciens.

Die Vorgänge, welche sich bei der Bildung einer künstlichen Schwimmschicht abspielen.

Wenn man in geeigneten grösseren, ca. 15 l haltenden Gefässen Wasser, dem Kohlehydrate, Eiweisskörper, Papierfetzen, Stroh, Lein-

wandfasern, Pferdedünger und dergl. Dinge, die sich auch in den natürlichen Abwässern finden, zugesetzt sind, mit einer kleinen Menge (ca. 100 ccm) des Tempelhofer Abwassers versetzte, so konnte man Folgendes beobachten:

Bei einer Temperatur von 8—10° C. fand während einer zwei- bis dreiwöchigen Beobachtungszeit eine sehr spärliche Deckenbildung statt; die gröberen Bestandtheile blieben am Boden liegen, soweit sie nicht specifisch leichter waren, der Fäulnissprocess trat langsam und unvollkommen ein. Schneller bildete sich die Decke bei 15°; und bei 20° war bereits nach 8 Tagen eine zähe Haut an der Oberfläche bemerkbar und der grösste Theil der mechanischen Beimengungen des Wassers war durch Gasblasen in die Höhe getrieben. Bei 25 bis 30° aber trat derselbe Effect vollkommener schon nach einigen Tagen ein. Eine wesentliche Wirkung des Lichtes positiver oder negativer Art konnte dabei nicht bemerkt werden.

Mit diesen erwähnten Vorgängen Hand in Hand gehen nun gewisse chemische Veränderungen der gelösten oder in Lösung übergegangenen Stoffe. Um dieselben im Einzelnen verfolgen zu können, mussten künstliche Nährlösungen, welche Eiweiss und Kohlehydrate enthielten, mit dem Abwasser geimpft werden. Man wählte Zucker und Pepton. Die Flüssigkeit reagirte zunächst vollkommen neutral. Nach drei Tagen aber trat bei 25° eine schwach saure Reaction ein, begleitet von Gasentwicklung, welche bis etwa zum 5. Tage zunahm. Die Gase bestanden aus Kohlensäure und Wasserstoff, dabei fanden aber noch keine Fäulnissvorgänge statt; nach weiteren fünf Tagen machte die saure Reaction einer alkalischen Platz, und die Flüssigkeit war in Fäulniss; die hierbei auftretenden Gasarten enthielten auch Stickstoff.

Die Untersuchung hat nun während der einzelnen Stadien die wichtigsten Producte der Gährungserscheinungen fassen können. Uebrigens gelang es auch, dieselben Gährungsproducte aus den natürlichen Faulwässern in Tempelhof zu isoliren, wozu allerdings recht erhebliche Mengen der Wässer in Untersuchung genommen werden mussten.

Das Sauerwerden der (künstlichen) Gährflüssigkeit rührt von einer Bildung von Milchsäure, Essig- und Ameisensäure her und wird verursacht im Wesentlichen durch die Zersetzung von Kohlehydraten durch das Bacterium coli, dessen starke Gährwirkungen durch die

Digitized by Google

Untersuchungen namentlich Hardens[1]) festgestellt und näher präcisirt worden sind. Nebenbei mag auch dem Bacillus aërogenes einige Bedeutung zukommen, dessen Einwirkung auf Kohlehydrate verschiedener Natur in neuerer Zeit vom Verfasser[2]) genau beschrieben worden ist. Ob kleine Mengen Alkohol, welche bei der Destillation gewonnen wurden, auf eine Wirkung von Hefen zurückgeführt oder als Product von Spaltpilzgährungen anzusehen sind, mag dahingestellt bleiben; als letzteres ist Alkohol in sehr zahlreichen Fällen bekannt geworden; auch das Bacterium coli erzeugt nicht unerhebliche Mengen.

Die in Tempelhof unter der Schwimmschicht angesammelten Gase bestanden aus Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff und Methan; ob dort eine eigentliche Sumpfgasgährung stattfindet, oder ob das Methan als ein Eiweisszersetzungsproduct anzusehen ist, kann zunächst nicht entschieden werden. Die sehr schwierig zu isolirenden Erreger der Sumpfgasgährung sind erst neuerdings durch die Untersuchungen von Omelianski[3]) näher bekannt geworden. In meinen Versuchen trat bei den künstlichen Gährungen Methan nicht auf.

Die spätere alkalische Reaction der künstlichen Gährflüssigkeit ist bedingt durch das Auftreten und Ueberwiegen von Ammoniak und Fäulnissbasen. Fäulnissbakterien, wie Proteus u. A. sind ja massenhaft vorhanden, andere Eiweisszersetzer, wie der Bacillus liquefaciens, sind zwar nicht als eigentliche Fäulnisserreger anzusehen, doch kommt ihnen eine wesentlich vorbereitende Rolle für die Fäulniss und starke Ammoniakbildung zu, wie durch die Untersuchungen des Verfassers[4]) nachgewiesen worden ist.

Durch die basischen Producte wird die vorher entstandene Milchsäure neutralisirt und durch Buttersäurebakterien in Buttersäure übergeführt. Auch letztere Säure ist aus den Tempelhofer Faulwässern isolirt worden. Dass sie kein Product der Fäulniss oder wenigstens nicht allein ein Fäulnissproduct ist, konnte dadurch bewiesen werden, dass Lösungen von milchsaurem Kalk, mit etwas Tempelhofer Wasser versetzt, in buttersauren Kalk übergingen, ohne dass Fäulniss eintrat.

Dies sind die wesentlichsten chemischen Vorgänge, welche bei den vorliegenden Versuchen mit künstlichen Gährgemischen beobachtet

1) Proc. chem. Soc. 17. 57.
2) O. Emmerling, Ber. d. D. Chem. Ges. 1900. S. 2477.
3) Centralbl. f. Bakt. Abth. 2. 1902. S. 193ff.
4) O. Emmerling u. Reiser, Ber. der D. Chem. Ges. 1902. S. 700.

Digitized by Google

wurden; und man kann sich hiernach, soweit diese Versuche Schlüsse auf die entsprechenden Vorgänge in natürlichen Abwässern zulassen, folgende Anschauung von der Deckenbildung machen:

Bei genügender Ruhe, wenn also die Bassins nicht starken Windströmungen ausgesetzt sind, und bei nicht zu niederen Temperaturen, werden durch Gase, die sich bei der Zersetzung von Kohlehydraten durch das Bacterium coli (vielleicht auch durch andere Bakterien) bilden, mechanische Verunreinigungen (suspendirte Stoffe) in die Höhe getrieben; auf diesen in die Höhe gehobenen Massen finden dann Schimmelpilze ein geeignetes Nährmedium. Die letzteren überziehen die Oberfläche mit einer zunächst zarten, bald aber dicker und zäher werdenden Decke, welche den weiteren Zutritt von Luft hindert und dadurch die Bedingung zur Entwicklung anaërober Bakterien in den darunter liegenden Flüssigkeitsschichten bietet, die ihrerseits in Buttersäurebildung und Fäulnissvorgängen ihren Ausdruck findet.

Die Decke selbst wird durch die auch bei den letztgenannten Gährungen reichlich auftretenden Gase an der Oberfläche gehalten und nimmt so lange an Masse zu, bis die sie zusammensetzenden verschiedenen Organismen durch eine langsame Oxydation an der Luft zum Theil in humose Substanzen übergehen.

Es soll durchaus nicht gesagt sein, dass mit diesen Erscheinungen die Vorgänge bei der Bildung der Schwimmschicht erschöpfend behandelt resp. vollständig erklärt seien. Zu diesem Behufe sind weitere Versuche, namentlich auch mit Abwässern anderer Herstammung und Zusammensetzung, ferner unter Berücksichtigung der in dieser Beziehung jedenfalls wichtigen jahreszeitlichen Einflüsse nothwendig.

Endlich soll nochmals betont werden, dass es sich bei den vorstehend beschriebenen Versuchen um das Studium von Vorgängen an künstlichen Gährgemischen handelt; es wird auf Grund weiterer Versuche an natürlich entstehenden Schwimmdecken zu entscheiden sein, wieweit die obige Erklärung für die Entstehung der Schwimmschicht allgemein zutrifft.

Digitized by Google

4.

Beitrag zur Kenntniss des sog. biologischen Verfahrens, insbesondere die bei der Herstellung und dem Betriebe biologischer Abwässerreinigungsanlagen zu beachtenden allgemeinen Gesichtspunkte.[1]

Von

Dr. K. Thumm,

Wissenschaftlichem Mitgliede der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

I. Allgemeiner Theil.

Einleitung. Vorgänge während des Voll- und Leerstehens eines Oxydationskörpers.

Das sog. biologische Verfahren, je nach der Art der Vorbehandlung des Abwassers auch Oxydationsverfahren oder Faulverfahren genannt, steht derzeitig auf dem Gebiete der Abwasserreinigung im Mittelpunkte des Interesses. Diese allseitige Beachtung ist hervorgerufen durch seine Fähigkeit, die Schmutzwässer nicht allein von den in ihnen enthaltenen suspendirten, sondern auch von ihren gelösten fäulnissfähigen Stoffen zu befreien, also einen Reinigungseffect zu gewährleisten, wie ihn sonst nur das Berieselungsverfahren sowie die sogenannte intermittirende Filtration, aber keines der mechanischen oder mechanisch-chemischen Verfahren erreichen lässt.

In dieser Erkenntniss fanden in vielen Städten und in den verschiedensten industriellen Betrieben des In- und Auslandes, bei denen mit

1) Die Frage der Vorbehandlung des Abwassers vor seiner Einleitung in die Oxydationskörper, die Controle biologischer Anlagen und einige weitere Punkte sollen im nächsten Heft in einer Fortsetzung der Arbeit besprochen werden.

Digitized by Google

Rücksicht auf den Vorfluther eine durchgreifende Reinigung des Schmutzwassers gefordert werden musste, eine mechanische oder chemische Behandlung der Abwässer also nicht ausreichte und die bekanntlich als beste Reinigungsmethode geltende Berieselung aus örtlichen Verhältnissen nicht durchführbar erschien, eingehende Vorversuche über die Anwendbarkeit des biologischen Verfahrens statt, über deren Ergebnisse eine Reihe wichtiger Arbeiten vorliegen.

Aus diesen Berichten geht in übereinstimmender Weise die hohe Bedeutung des biologischen Verfahrens für die Frage der Abwasserreinigung hervor, indem die Veröffentlichungen zeigen, dass sowohl rein städtische Abwässer, wie auch städtische Schmutzwässer, welchen durch die Abgänge zahlreicher Industrien — Gerbereien, Färbereien, Brauereien, Schlachthäuser etc. — ein anormaler Charakter verliehen war, sowie endlich auch industrielle Abwässer allein — aus Gerbereien, Brauereien, Zuckerfabriken, Brennereien — durch das genannte Verfahren in zweckdienlicher und auch wirthschaftlich befriedigender Weise gereinigt und in vielen Fällen Effecte erzielt werden konnten, welche dem durch sachgemässe Berieselung erreichbaren Reinheitsgrade als gleichwerthig — von der Frage der Bakterienentfernung abgesehen — an die Seite zu stellen waren.

Auch in der Königl. Versuchs- und Prüfungs-Anstalt wurde seit ihrer Begründung im April v. Js. das in Rede stehende Verfahren einer eingehenden Prüfung unterzogen, und die zahlreichen mit den verschiedenartigsten Abwässern angestellten Versuche haben über die Anwendbarkeit des biologischen Verfahrens eine Reihe praktisch und theoretisch wichtiger Gesichtspunkte zu Tage gefördert.

Diese Ergebnisse, über welche theils in diesem, theils in späteren Heften der Anstaltsmittheilungen berichtet werden wird, sollen im Nachstehenden eine Besprechung erfahren und zwar hauptsächlich in Rücksicht auf die bei der Herstellung und dem Betriebe biologischer Anlagen zu beachtenden allgemeinen Gesichtspunkte.

Die Veranlassung hierzu waren theils directe, in dieser Richtung der Anstalt gestellte Aufträge, theils aber auch Erfahrungen, welche von uns bei Bearbeitung zahlreicher, uns zur Begutachtung eingesandter Projecte gemacht wurden. Bei den letzteren zeigte es sich nämlich öfters, dass wichtige Einzelheiten entweder keine oder eine nur ungenügende Berücksichtigung gefunden hatten, und es erschien deshalb zweckdienlich, die bei Projectirung einer biologischen Anlage

Digitized by Google

zu beachtenden Gesichtspunkte in zusammenfassender Weise zu behandeln und weiteren Kreisen zugänglich zu machen.

Die nachstehend gebrachten Angaben stützen sich in erster Linie auf Beobachtungen, welche seitens der Anstalt an bestehenden biologischen Betrieben bezw. an kleineren zur Lösung bestimmter Fragen eigens hergerichteten Versuchsanlagen gemacht wurden, weiterhin aber auch auf zahlreiche, in der Literatur aufgeführte Thatsachen, wobei naturgemäss nur das in Berücksichtigung gezogen wurde, was als absolut feststehend und irgend welchen Zweifeln nicht mehr unterworfen angesehen werden kann.

Bevor auf eine Besprechung der einzelnen bei der Herstellung und dem Betriebe biologischer Anlagen in Frage kommenden Punkte näher eingegangen werden soll, erscheint es zweckdienlich, dieser Besprechung einige allgemeine Bemerkungen über die in nachstehenden Ausführungen angewandte Nomenclatur, sowie über einige wichtigere, bei dem biologischen Verfahren sich abspielende Vorgänge, soweit dieselben für den Betrieb und die Beurtheilung derartiger Anlagen von Wichtigkeit sind, vorauszuschicken.

Bezüglich der zur Verwendung kommenden Nomenclatur sei mitgetheilt, dass nach dem Vorgange von Dunbar[1]) die einzelnen, mit Schlacke oder einem anderen Material gefüllten Becken als „Oxydationskörper“ bezeichnet werden sollen, gleichgültig ob denselben das Abwasser direct („Oxydationsverfahren“) oder nach Passiren eines sog. Faulraums („Faulverfahren“) zugeführt wird. Von einer „einfachen“, „doppelten“ oder „dreifachen“ Behandlung bezw. von „primären“, „secundären“ oder „tertiären“ Oxydationskörpern soll gesprochen werden, je nachdem das Abwasser zum Zwecke seiner Reinigung entweder nur einen oder zwei oder drei Körper zu passiren hat.

Bezüglich der während des Voll- und Leerstehens eines Oxydationskörpers sich abspielenden Vorgänge sei mitgetheilt:

Die Reinigung des Abwassers während des Vollstehens eines Oxydationskörpers, sowie die Zersetzung der in demselben zurückgehaltenen Schmutzstoffe werden ausserhalb Deutschlands fast ausschliesslich auf die Thätigkeit von Mikroorganismen zurückgeführt, in

---

1) Die Behandlung städtischer Spüljauche mit besonderer Berücksichtigung neuerer Methoden. D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. XXXI. 1899. S. 146.

Deutschland hingegen ist man auf Grund der Dunbar'schen Veröffentlichungen[1]) geneigt, zwei verschiedene Kräfte hierfür anzunehmen, und zwar ist man vielfach der Auffassung, dass die während des Vollstehens des Oxydationskörpers sich abspielende Reinigung des Schmutzwassers (soweit diese die Entfernung der gelösten fäulnissfähigen Stoffe betrifft) der Hauptsache nach auf Absorptionserscheinungen, also auf die Wirkung physikalisch-chemischer Kräfte, zurückzuführen ist, während bei dem Leerstehen des Körpers, in der sog. Lüftungsperiode, bei Gegenwart des Luftsauerstoffs durch die Mikroorganismenthätigkeit eine Zersetzung der aus dem Abwasser während des Vollstehens absorbirten Schmutzstoffe bezw. rein mechanisch zurückgehaltenen Schwebestoffe und Hand in Hand damit eine Regenerirung der Absorptionskräfte vor sich geht.

Diese von Dunbar vertretene Auffassung hat auch durch zahlreiche diesseits ausgeführte Versuche ihre Bestätigung gefunden.

Unter anderem konnte z. B. durch einfaches Hindurchschicken des Abwassers durch einen Oxydationskörper[2]) oder durch kurze, etwa 10 Minuten lange Einwirkung des Oxydationskörpers auf das fragliche Abwasser, also in einem Zeitraum, in welchem wohl schwerlich von einer Bakterienwirkung gesprochen werden kann, schon ein nennenswerther Reinigungseffect erzielt werden.

Weiterhin konnte festgestellt werden, dass die Gesammtkohlensäure,[3]) welche bei intensiver Mikroorganismenthätigkeit eine erhebliche Zunahme hätte erfahren müssen, hierbei nur geringe quantitative Unterschiede zeigte, und dass die nach 10 Minuten langem Vollstehen gefundenen Kohlensäuremengen nur wenig verschieden waren von den Mengen, welche nach einstündigem Stehen des Schmutzwassers im Oxydationskörper ermittelt wurden.[4])

Zusammenfassend kann man auf Grund der vorstehend auf-

---

1) Dunbar, Beitrag zur Kenntniss des Oxydationsverfahrens. Viertelj. f. ger. Med. und öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. XIX. Suppl. S. 56; sowie Dunbar und Thumm, Beitrag z. derzeitigen Stande der Abwasserreinigungsfrage. München und Berlin. 1902. S. 23.

2) Abnahme der Oxydirbarkeit (am filtrirten Abwasser bestimmt): bei einfachem Hindurchschicken des Abwassers durch den Oxydationskörper 46,7 pCt.; bei 10 Min. langem Vollstehen 50,8 pCt.; bei 1stündigem Vollstehen 54,2 pCt.

3) Gesammtkohlensäure der Abflüsse nach einem Vollstehen von: 10 Min. 278 mg CO_2; 30 Min. 271 mg CO_2; 1 Stunde 286 mg CO_2 im Liter.

4) Bei weiter andauerndem Vollstehen nimmt natürlich die CO_2-Menge unter Umständen recht beträchtlich zu.

Digitized by Google

geführten, sowie anderer später noch mitzutheilender Thatsachen — in Uebereinstimmung mit den von Dunbar mitgetheilten Resultaten — zu dem Schlussergebniss kommen, dass die Entfernung der in dem Abwasser enthaltenen gelösten fäulnissfähigen Stoffe im wesentlichen auf Absorptionserscheinungen zurückzuführen ist, bezw. dass die während des Vollstehens sich abspielenden Vorgänge (soweit es sich um die Entfernung der gelösten fäulnissfähigen Stoffe handelt), am einfachsten durch Absorptionswirkungen sich erklären lassen.

Ueber die im Oxydationskörper während des Leerstehens sich abspielenden Vorgänge, insbesondere über die Salpetersäurebildung sei folgendes ausgeführt:

Seit der durch Proskauer[1]) festgestellten Thatsache, dass die Ueberführung des Ammoniaks in Salpetersäure im Oxydationskörper nur während seines Leerstehens vor sich geht, ist von verschiedener Seite und durch mannichfache Versuche die Richtigkeit dieser Annahme bestätigt worden. Dunbar und Thumm[2]) zeigten dann weiterhin, dass die in den Abflüssen nachgewiesene Salpetersäuremenge um so grösser ist, je länger ein Körper leer steht (die Versuche wurden bis zu 30 tägigem Leerstehen ausgedehnt), und fanden z. B. in einem Falle nach 48 stündigem Leerstehen eine fast 10 mal so grosse Salpetersäuremenge, wie wenn der Oxydationskörper nur 6 Stunden leergestanden hatte.

Die im Oxydationskörper beobachtete Bildung von Salpetersäure oder, wie man auch sagt, Mineralisirung der Stickstoffverbindungen, gilt als Thatsache von hoher Wichtigkeit, und man legt z. B. in England der Salpetersäurebildung eine so hohe Bedeutung bei, dass ein Abwasser — abgesehen von anderen Anforderungen — nur dann als genügend gereinigt angesehen wird, wenn die Abflüsse aus den Oxydationskörpern in minimo 5 mg Salpetersäure pro Liter enthalten.

Diese in England und auch vielfach in Deutschland vertretene Auffassung, nach welcher ein biologisch genügend gereinigtes Abwasser, d. h. ein Abwasser, welches durch dieses Reinigungsverfahren seine Fäulnissfähigkeit verloren hat, stets bestimmte Salpetersäuremengen enthalten muss, ist nun keineswegs in allen Fällen zutreffend. So

---

1) Schmidtmann, Ueber den gegenwärtigen Stand der Städte-Kanalisation und Abwässer-Reinigung. Viertelj. f. ger Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge XVI, 1898. Suppl. S. XII.

2) l. c. S. 34.

Digitized by Google

zeigten Dunbar und Thumm,[1]) dass ein genügender Reinigungseffect in diesem Sinne erzielt wurde, auch wenn in den Abflüssen keine Spur von Salpetersäure nachgewiesen werden konnte, und sie betonen deshalb ausdrücklich, dass „das Auftreten von Salpetersäure in den Abflüssen aus den Oxydationskörpern keineswegs als unbedingte Voraussetzung für einen zufriedenstellenden Reinigungsvorgang angesehen zu werden braucht."

Diese von den Genannten mitgetheilte Beobachtung konnte auch bei zahlreichen diesseits angestellten Versuchen gemacht werden. Insbesondere zeigte es sich, dass die mit Rohwasser beschickten Oxydationskörper, namentlich wenn dasselbe vorher gefault war — sei es durch Behandlung in einem Faulraum, sei es infolge seines langen Verweilens in den Kanalleitungen — bei durchaus zufriedenstellendem Reinigungseffekte nur in den seltensten Fällen in ihren Abflüssen Salpetersäure enthielten.

Zur Klärung dieser bei städtischen wie industriellen Abwässern vielfach gemachten Beobachtung wurden eine Reihe von Versuchen angestellt, von denen die folgenden hier mitgetheilt werden sollen:

Zwei identische aus Schlacke bestehende Oxydationskörper (Korngrösse des Materials 3 bis 8 mm) wurden täglich mit demselben Abwasser beschickt und nach zweistündigem Vollstehen wieder entleert. Nach erfolgter Einarbeitung der Körper (nach etwa 30 Füllungen) ergaben beide gleiche Resultate, und der beobachtete Reinigungseffekt, bezogen auf die Abnahme der Oxydirbarkeit[2]) sowie des organischen Stickstoffs, betrug 50 bis 60 pCt.; Salpetersäure war in den Abflüssen entweder garnicht oder nur in Spuren nachweisbar.

Nachdem beide Körper mit Abwasser 40mal beschickt worden waren, wurde der eine derselben mit Abwasser, der andere hingegen mit destillirtem Wasser gefüllt. Gleichzeitig wurde zum Vergleich ein Theil des Abwassers mit einer bestimmten Menge von Nitraten versetzt und zwar mit 120 mg N_2O_5 (in Form von KNO_3) pro 1 Liter; dieser Theil des Abwassers blieb stehen, ohne in den Oxydationskörper zu gelangen.

Nach zweistündigem Stehen wurden folgende Resultate erhalten:

In dem Abflusse des mit Abwasser beschickten Körpers sowie in dem Abwasser, welches einen Zusatz von 120 mg N_2O_5 erhalten hatte, konnten mit Diphenylamin oder Brucin nur Spuren von Salpetersäure nachgewiesen werden, während in dem Abflusse aus dem mit destillirtem Wasser beschickten Oxydationskörper durch die Schulze-Tiemann'sche Methode 100 mg N_2O_5 ermittelt wurden.

---

1) l. c. S. 33.

2) Die Oxydirbarkeit wurde hier wie späterhin stets an dem filtrirten Wasser ermittelt.

Digitized by Google

Eine nach einigen Tagen ausgeführte Wiederholung des vorstehend geschilderten Versuches — hierbei wurde der bei dem ersten Versuche mit Abwasser beschickte Körper mit destillirtem Wasser, und umgekehrt der mit destillirtem Wasser beschickte Körper mit Abwasser gefüllt — hatte ein dem ersten Versuche durchaus gleichwerthiges Ergebniss.

Beide Versuche zeigen also in übereinstimmender Weise, dass die während der Lüftungsperiode gebildete Salpetersäure während eines zweistündigen Vollstehens des Oxydationskörpers mit dem Abwasser in so weitgehender Weise zerstört wurde, dass in dem Abfluss nur noch Spuren von Nitraten nachweisbar waren; der mit Abwasser, dem eine bestimmte Menge Nitrat zugesetzt war, ausgeführte Vergleichs-Versuch lässt erkennen, dass die in dem Oxydationskörper während des Vollstehens vor sich gehende Zerstörung der Nitrate auch unabhängig von einem Oxydationskörper erfolgen kann.

Diese vorstehend mitgetheilten Ergebnisse sind nun keineswegs neu.[1]) So hat z. B. Hatton[2]) schon vor mehr als 20 Jahren Abwässern bestimmte Mengen Nitrate zugesetzt und gefunden, dass dieselben hierbei vollständig zerstört und zu gasförmigem Stickstoff reducirt wurden, und kürzlich haben Letts und Blake[3]) festgestellt, dass in den Oxydationskörpern gelegentlich eine weitgehende Zerstörung der Nitrate vor sich gehen kann, und Hand in Hand damit die Abflüsse an freiem Stickstoff erheblich reicher sind, als die Zuflüsse zu diesen Körpern.

Diese und eine Reihe diesseits ermittelter weiterer Ergebnisse, von deren Mittheilung an dieser Stelle abgesehen werden soll, da sie mit den vorstehend gemachten Angaben übereinstimmen, lassen erkennen, dass man keineswegs aus dem Fehlen von Salpetersäure in den Abflüssen aus den Oxydationskörpern folgern darf, dass auch keine Nitrate gebildet wurden, und weisen gleichzeitig darauf hin, dass es zur Entscheidung der Frage: Findet während des Leerstehens eines Oxydationskörpers eine Nitrification statt oder nicht, und wie gross ist die während der Lüftungsperiode gebildete Nitratmenge? uner-

---

1) Vergl. u. a. E. Wollny, Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen. Heidelberg 1897. S. 10 u. a. O.

2) Chem. Soc. Journal, May 1881. „Action of Bacteria on Gases“ and „Reduction of Nitrates by Sewage.“

3) Chemical News 1901. No. 2184. S. 161; sowie auch Centralbl. f. allgem. Gesundheitspflege. 1901. S. 418.

Digitized by Google

lässlich ist, Untersuchungen in der vorstehend beschriebenen Art — Ausspülung der Körper mit destillirtem Wasser — vorzunehmen.

Soweit unsere Erfahrungen gehen, findet in eingearbeiteten Körpern — eine ausreichende Lüftung vorausgesetzt — stets Nitratbildung statt und liegt es, wenn Nitrate in den Abflüssen nur in geringer Menge beobachtet werden oder auch vollständig fehlen, nur an den während des Vollstehens der Körper sich abspielenden Reductionserscheinungen.

Die diesseits nach dieser Richtung hin ausgeführten Versuche liessen überhaupt in übereinstimmender Weise erkennen, dass in den seltensten Fällen die gesammte während des Leerstehens gebildete Salpetersäure in den Abflüssen nachgewiesen werden konnte, und dass je nach der Beschaffenheit des zur Füllung der Körper verwendeten Abwassers, ferner je nach der Zeitdauer des Vollstehens eines Oxydationskörpers die gefundenen Salpetersäuremengen in verschiedenem Grade beeinflusst wurden.

Die .Frage, inwieweit bei der Reduction der Nitrate chemische oder biologische Vorgänge mitspielen, insbesondere auch die Frage der Nitritbildung sei in einer späteren Veröffentlichung ausführlich erörtert.

II. Specieller Theil.

A. Herstellung der Oxydationskörper.

Ueber die bei der Herstellung biologischer Anlagen zu beachtenden allgemeinen Gesichtspunkte sind seit Dibdin's im Jahre 1891 in Barking ausgeführten Versuchen eine ganze Reihe von Vorschlägen bekannt geworden. So hat u. a. z. B. schon Dibdin in seinem bekannten Buche[1]) Pläne für die Reinigung des Abwassers sowohl von Städten wie für Privatwohnungen, Asyle, Schulen etc. mitgetheilt. Auch sein langjähriger Mitarbeiter G. Thudichum giebt schon im December 1896 in einem vor der Gesellschaft der Ingenieure in London

1) Purification of Sewage and Water. London 1897. S. 128 und S. 211; s. auch Bruch, Das biologische Verfahren zur Reinigung von Abwässern. Berlin 1899. S. 135.

Digitized by Google

gehaltenen Vortrage[1]) verschiedene für die Construction biologischer Anlagen beachtenswerthe Gesichtspunkte.

Zahlreiche in den verschiedensten Städten mit dem genannten Verfahren planmässig angestellten Versuche — erwähnt seien Manchester[2]), Leeds[3]), London[4]), Sheffield[5]), Leicester[6]), Gross-Lichterfelde[7]), Charlottenburg[8]), Hamburg[9]) etc. — haben späterhin weitere wichtige Punkte in Bezug auf die constructive Gestaltung und auf die Einrichtung biologischer Kläranlagen zu Tage gefördert, und die im October 1900 seitens des Local Government Board gegebenen Vorschriften[10]) stellen einen Versuch dar, die in England mit dem genannten Verfahren gemachten Erfahrungen in bestimmte Regeln zusammenzufassen.

Diese Instructionen, welche als Anlage zu vorliegender Arbeit in freier Uebersetzung (die Beispiele auf deutsche Verhältnisse übertragen) gegeben werden sollen, behandeln u. a. die Grösse des Faulraums, die Menge des erforderlichen Füllmaterials, die Höhe der einzelnen Oxydationskörper, deren Betriebsweise, betonen aber ausdrücklich den provisorischen Charakter der gegebenen Vorschriften.

Auch die diesseits über diesen Gegenstand mitzutheilen-

---

1) Engineering Record, vom 31. December 1898; s. auch Bruch, l. c. S. 142, sowie Gesundheitsingenieur. 1899. S. 140.

2) Experts' Report on Treatment of Manchester Sewage 1899; Report of the Rivers Committee of the 22nd January, 1900, with Appendices.

3) Vergl. The Surveyor. 1899. XVI. S. 313; 1900. XVIII. S. 278.

4) Clowes and Houston, Bacterial treatment of crude sewage. London County Council. 1900.

5) Vergl. The Surveyor. 1900. XVII. S. 346, 372, 400.

6) Vergl. The Surveyor. 1900. XVII. S. 474, 533, 587.

7) Schmidtmann, Proskauer, Elsner, Wollny und Baier, Vierteljahrsschrift f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. XVI. 1898; sowie Schmidtmann, Proskauer und Stoof, ebenda, 3. Folge. XIX. 1900. S. 162.

8) Schmidtmann, Proskauer, Elsner, Wollny, Baier u. Thiesing, Vierteljahrsschrift f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. XIX. 1900. S. 136; sowie Nietner, Thiesing und Baier, ebenda. 3. Folge. XXI. 1901. S. 235; ferner Proskauer und Thiesing, ebenda. 3. Folge. XXI. 1901. S. 219.

9) Siehe die in Dunbar und Thumm, Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwässerreinigungsfrage. München und Berlin. 1902, am Ende aufgeführten Publicationen sowie diese Arbeit selbst.

10) Vergl. hierzu: F. Launay, Revue d'hygiène. 1901. S. 240; Steuernagel, Centralbl. f. allgem. Gesundheitspfl. 1901. S. 270; Imbeaux, L'alimentation en eau et l'assainissement des villes. Deuxième volume. Paris 1902. S. 711.

Digitized by Google

den Gesichtspunkte sind keineswegs derartig aufzufassen, dass sie bei der Herrichtung der Oxydationskörper in allen Fällen und unter allen Umständen in Anwendung zu kommen haben, sondern sollen einzig und allein auf die Punkte hinweisen, welche nach dem derzeitigen Stande der Wissenschaft und Erfahrung bei der Gestaltung biologischer Reinigungsanlagen allgemein in Erwägung gezogen werden sollten.

Erwähnt sei noch, dass im Nachstehenden ausschliesslich die in England unter dem Namen „Contact“-Verfahren bekannte Methode, welche, soweit mir bekannt ist, in Deutschland bislang ausschliesslich geprüft bezw. angewendet wurde, und bei welcher die Oxydationskörper, nachdem sie mit zwischenzeitlichen Unterbrechungen mit Abwasser gefüllt sind, kürzere oder längere Zeit mit demselben in Contact bleiben, besprochen werden soll. Die in England mit „Continuous“ oder nach Barwise[1]) besser mit „Percolating Filters“ bezeichnete Methode, bei welcher das Abwasser vermittelst der verschiedenartigsten Vertheilungsapparate[1]) auf den Oxydationskörper aufgeleitet und alsdann tropfenweise fortdauernd durch denselben hindurchgeschickt wird, und über die z. B. vor kurzem Eschenbrenner[2]) berichtet hat, soll unabhängig von dem jetzt zu besprechenden Contactverfahren späterhin in einer besonderen Arbeit eine eingehende Darlegung erfahren.

a) Ueber die Art des Oxydationskörpermaterials.

Seit Dibdin bei seinen vergleichenden Versuchen festgestellt hatte, dass durch Koks der weitgehendste Reinigungseffect sich erzielen liess, galt dieses Material lange Zeit als das beste und geeignetste Füllmaterial für Oxydationskörper. Da in praxi dessen Beschaffung aber oftmals, besonders bei grösseren Mengen, allzuhohe Kosten verursacht hätte, so versuchte man es vielfach — auch schon Dibdin — mit Stoffen, wie sie gerade zur Hand waren und mit geringerem Kostenaufwand beschafft werden konnten, und man sieht deshalb heutzutage als Füllkörper für die Oxydationsbecken überhaupt alle möglichen Stoffe, welche irgendwie zu dem genannten Zwecke

---

1) S. Barwise, The Bacterial Purification of Sewage. London 1901.

2) Technisches Gemeindeblatt. V. Jahrg. 1902. S. 1.

Digitized by Google

verwendbar scheinen, angewandt. So findet man als Oxydationskörpermaterial ausser den verschiedensten Koksorten (Hütten-, Gaskoks, Cinders) Schlacke (Steinkohlen-, Müllverbrennungs-, Hochofenschlacke), Ziegelschotter, Kies, eisenhaltigen Sand, Porphyr- und Gneisgraupen, verschiedene Arten von Kohle (Braun-, Stein-, Holzkohle), Bimstein, Kalkstein, zerbrochenen Schiefer, ja sogar versuchsweise zerstossenes Glas[1]) in Verwendung, und zwar benutzt man entweder nur einen der vorgenannten Stoffe oder auch mehrere gemeinsam, theils in verschiedenen Korngrössen schichtenweise übereinander angeordet, theils mehr oder weniger mit einander gemischt.

Die Ansichten über den Wirkungswerth der einzelnen Materialien waren lange Zeit weit auseinandergehend, und es fanden deshalb von den verschiedensten Seiten zahlreiche Untersuchungen, welche über die Gründe der beobachteten Verschiedenheiten Aufschluss geben sollten, statt, unter denen die von Dunbar[2]) mitgetheilten Ergebnisse einen werthvollen Beitrag für die Beurtheilung des Oxydationskörpermaterials geliefert haben.

Der genannte Forscher fand nämlich bei einer vergleichsweisen Prüfung von Koks, Schlacke, Bimstein, Kies ohne und mit einem Eisenzusatz — alle Materialien von gleicher Korngrösse —, dass Koks und Schlacke besser arbeiteten als Bimstein und Kies und etwa gleich wie der mit Eisen versetzte Kies, dass also die eisenhaltigen Materialien einen besseren Reinigungseffect ergaben als eisenfreie und der erreichte Reinheitsgrad sich unabhängig von der Porosität des in Verwendung genommenen Stoffes zeigte.

Diese von Dunbar für frisches Abwasser ermittelten Ergebnisse[3]) habe ich unter Verwendung von vorgefaultem Abwasser einer Nachprüfung unterworfen und hierbei, wie die in nachstehender Tabelle mitgetheilten Resultate erkennen lassen, feststellen können, dass der erreichte Reinheitsgrad gleichfalls unabhängig war von der Porosität des verwendeten Materials[4]) und allein von dessen Eisengehalt beeinflusst wurde.

1) Vergl. S. Rideal, Sewage and the Bacterial Purification of Sewage. Second edition. London 1901. S. 203.

2) Vierteljahrsschr. f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. XIX. 1901. Suppl. S. 79.

3) Vergl. auch Dunbar u. Thumm, l. c. Versuche G—K.

4) Die Korngrösse sämmtlicher Materialien betrug 3 bis 8 mm.

Digitized by Google

Nummer der Füllung	Abnahme der Oxydirbarkeit in Procenten bei					
	Kies	Bimstein	Kies und 1 pCt. Eisen	Bimstein und 1 pCt. Eisen	Schlacke (Eisengehalt 1,5 pCt.)	Koks (Eisengehalt 1,2 pCt.)
25	46	42	66	62	65	62
51	53	51	69	71	74	70

Auf Grund vorstehend aufgeführter Ergebnisse, welche die Wichtigkeit eines Eisengehaltes für die qualitative Leistungsfähigkeit eines Füllmaterials erkennen lassen, erscheint es deshalb

1. empfehlenswerth, eisenhaltige Stoffe an erster Stelle als Oxydationskörpermaterial für die Zwecke der Füllung in Verwendung zu nehmen, und

2. für die Bewerthung eines Materials — besonders wenn es sich um die vergleichende Prüfung verschiedener Stoffe z. B. verschiedener Koksorten handelt — unerlässlich, den Eisengehalt[1]) der fraglichen Stoffe festzustellen und bei der Beurtheilung in Berücksichtigung zu ziehen.

Zur Erreichung eines höheren Reinigungseffectes könnte unter Umständen ein gewisser Eisenzusatz, wie er bei den vorstehenden Versuchen mit Vortheil geübt wurde, sich als zweckmässig erweisen,[2]) doch dürfte ein derartiger Zusatz bei den unangenehmen Erfahrungen, die in England mit leicht rostenden Materialien gemacht wurden, nur mit grosser Vorsicht und erst auf Grund jeweils angestellter Vorversuche gemacht werden.[3])

Erscheint nach den vorstehend mitgetheilten Ergebnissen der Grad der Porosität eines Materials in Bezug auf seine qualitative Leistungsfähigkeit ohne Bedeutung, so verdient hingegen poröses Material in quantitativer Beziehung den Vorzug vor nichtporösem Material.

Nach obigen Ausführungen wird man deshalb zur Erreichung einer möglichst hohen qualitativen und quantitativen

1) Eventuell wäre auch der Mangangehalt zu ermitteln.

2) Vergl. hierzu D. R.-P. No. 117 272. Verfahren zur biologischen Wasserreinigung. Firma Carl Pieper in Berlin. Zeitschr. f. angewandte Chemie. 1901. S. 172.

3) Büsing, Die Städtereinigung. 2. Heft. Stuttgart 1901. S. 807.

Digitized by Google

Leistungsfähigkeit solche Materialien, welche sowohl Eisen enthalten, wie auch porös sind, zum Aufbau von Oxydationskörpern an erster Stelle als geeignet anzusehen haben, hierbei also die Verwendung von Schlacke, Koks und Ziegelbrocken für den fraglichen Zweck zunächst ins Auge fassen müssen.

Welcher dieser genannten drei Stoffe im Einzelfalle am zweckmässigsten Verwendung zu finden hat, ist auf Grund wirthschaftlicher Erwägungen zu entscheiden, indem bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit — soweit unsere Erfahrungen gehen — praktisch so gut wie keine Unterschiede bestehen.

Erwähnung verdient an dieser Stelle auch der Zusatz von Kalk zu dem Oxydationskörpermaterial, indem bekanntlich vielfach die Auffassung besteht, dass ein derartiger Zusatz — in Form von Kalkstein, Marmor etc. — die Wirksamkeit eines Oxydationskörpers wesentlich erhöht.

Dunbar[1]), welcher unter Verwendung von frischem Abwasser Versuche anstellte, hat dies nicht bestätigt gefunden.

Das Gleiche wurde auch bei diesseits angestellten Versuchen ermittelt, und zwar handelte es sich hier um ein Abwasser (Stärkefabrikabwasser), welches in Folge des Vorhandenseins von freier Milch- und Buttersäure sehr stark sauer reagirte. Bei einer vergleichsweisen Prüfung von Schlacke für sich und Schlacke mit einem Zusatz von 10 pCt. Marmor wurden durch Schlacke ohne Marmorzusatz im allgemeinen bessere Erfolge erzielt, als mit einem derartigen Zusatze, sodass es bei dem geprüften Abwasser als vortheilhafter betrachtet werden muss, wenn Schlacke allein in Verwendung genommen wird[2]).

Ob unter Umständen ein Kalkzusatz in anderen als den bisher geprüften Fällen sich nicht doch als vortheilhaft erweisen könnte, hätten weitere vergleichende Versuche darzuthun.

Zum Schlusse bedarf noch das Waschen des Materials vor seiner Einbringung in die Oxydationsbecken einer kurzen Besprechung.

Während bei der Sandfiltration sämmtliche zum Aufbau des Filterkörpers Verwendung findende Kiessorten zur Entfernung des anhaftenden feineren Materials bezw. der thonigen Bestandtheile vor ihrer Einbringung in die Filterbecken einer sorgfältigen Waschung mit

1) Dunbar, Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. XIX. Suppl. S. 82.

2) Näheres hierüber folgt in einem der nächsten Hefte.

Wasser unterzogen werden müssen, so können bei dem biologischen Verfahren die groben und feinen Materialien (Sand allein ausgenommen) ohne weiteres in die Becken eingebracht werden, sofern man nur dafür Sorge trägt, dass die ersten Abflüsse, welche ausserordentlich viel anorganische, aus den betreffenden Körpern ausgeschwemmte suspendirte Bestandtheile enthalten, nicht auf einen zweiten Oxydationskörper (dieser würde hierdurch ausserordentlich verschlammen), sondern in die später noch zu besprechende Schmutzwasserleitung zum Abfluss gelangen. Für feine Kies- bezw. Sandoxydationskörper muss aber, wie bei der Sandfiltration, das in Verwendung kommende Material vor seiner Einbringung in die Becken einer sorgfältigen Waschung, durch welche die lehmigen Substanzen vollständig entfernt werden, unterzogen werden.

b) Ueber die Korngrösse des Oxydationsmaterials.

Die zahlreichen in England unter Verwendung der mannichfaltigsten Materialien und der verschiedensten Korngrössen angestellten Versuche haben in übereinstimmender Weise gezeigt, dass es bei der Wirkungsweise eines Materials der Hauptsache nach auf die Korngrösse und bedeutend weniger auf die Art ankommt, und man verlangt deshalb dortselbst neben einer richtigen Korngrösse nur noch, dass das Füllmaterial genügend hart ist, um den Einwirkungen des Abwassers und der Luft den erforderlichen Widerstand entgegensetzen zu können.[1]) Entgegen den in Deutschland gemachten Erfahrungen hält man in England also einen gewissen Eisengehalt des Materials zur Erzielung einer durchgreifenderen Reinigung keineswegs für erforderlich.

Von diesem Punkte abgesehen, kann auf Grund der in Deutschland erhaltenen Untersuchungsergebnisse den in England gültigen Anschauungen aber vollständig beigetreten werden, und es darf als allseitig anerkannte Thatsache angesehen werden, dass die Korngrösse des Materials an erster Stelle den Reinigungseffect bestimmt und zwar insofern, als im allgemeinen eine um so weiter gehende Reinigung des Abwassers erreicht werden kann, je feineres Material zum Aufbau eines Oxydationskörpers verwendet wird.

Bei dieser allseitig gewürdigten Thatsache muss es deshalb über-

1) Vergl. u. a. Barwise, l. c. S. 28, sowie Shenton, The Modern Treatment of Sewage. S. Edgecumbe—Rogers. S. 107.

raschen, wenn man sieht, wie wenig oftmals in praxi die Korngrösse des Füllmaterials Beachtung findet und z. B. bei Beurtheilung des in einer biologischen Anlage beobachteten Kläreffects vielfach überhaupt nicht berücksichtigt wird. So wird z. B. der in einzelnen Kläranlagen[1]) erzielte, wenig befriedigende Reinigungseffect oftmals ausschliesslich der Eigenart des zu reinigenden Wassers zugeschrieben und nicht beachtet, dass als Oxydationskörpermaterial ein Korn zur Verwendung gekommen ist, von dem man überhaupt keinen anderen Reinigungseffect, als den beobachteten, erwarten durfte.

Infolge mannichfacher in dieser Richtung gemachter Erfahrungen sei deshalb auf die Wichtigkeit der Korngrösse für die richtige Beurtheilung des Kläreffectes biologischer Anlagen nachdrücklichst hingewiesen; auch versäume man in keinem Falle bei Herrichtung eines Oxydationskörpers eine mehrmalige Korngrössebestimmung auszuführen, welche sich nicht allein auf die Feststellung der Grenzwerthe, sondern auch (wie bei der mechanischen Bodenanalyse) auf die Ermittelung der vorhandenen einzelnen Korngrössen zu erstrecken hätte.

Die Korngrössen, welche im Einzelfalle in Prüfung genommen wurden, sind ebenso verschieden, wie die Art des in Verwendung genommenen Materials selbst.

Bei den Londoner[2]) Versuchen gelangte z. B. Koks von Walnussgrösse (10 bis 30 mm) zur Verwendung. In Exeter[3]) wurde Schlacke von 5 bis 15 mm Korngrösse in Benutzung genommen. In Yeovil[4]) besitzt der primäre Körper ein Korn von 5 bis 15 mm, der secundäre ein solches von 3 bis 6 mm. In Leeds[5]) fand für den primären Körper ein Korn von 75 mm und für den secundären ein solches von 5 bis 38 mm Verwendung. Bei den Manchester-Versuchen[6]) besass der Körper, welcher mit vorgefaultem Wasser beschickt wurde, ein Korn von etwa 5 bis 8 mm; die mit frischem Abwasser beschickten primären Körper besassen ein Korn von etwa 8 bis 10 mm und der secundäre Körper ein Korn von etwa 5 mm. Shenton[7]) führt als

1) Bezüglich der Kläranlage in Tempelhof bei Berlin vergl. nächstes Heft.

2) Vergl. diese Arbeit S. 94, Fussnote 4.

3) Vergl. Büsing, l. c. S. 740.

4) Vergl. Büsing, l. c. S. 741.

5) Vergl. Barwise, l. c. S. 15.

6) Vergl. u. a. Büttner, Brix, Kleine, Lüben, Neumeyer, Bericht über die Besichtigung englischer Kläranlagen. Berlin, 16. Juli 1900. S. 16.

7) Shenton, l. c. S. 110.

Beispiel eines geeigneten Körpermaterials an: für die primären Körper Klinker von 13 bis 19 mm, für die secundären Körper Klinker von 6 bis 13 mm. Die in Hampton[1]) zum Aufbau der primären Körper verwendete Schlacke besitzt eine Korngrösse von 20 bis 100 mm, die Schlacke für den secundären Körper eine solche von 5 bis 15 mm und die Schlacke für die tertiären Körper eine Korngrösse von 2 bis 5 mm. Barwise[2]) findet auf Grund zahlreicher Versuche als geeignetste Korngrösse bei Beschickung der Körper mit sedimentirtem Abwasser für die primären Körper 75 bis 125 mm, für die secundären Körper 13 bis 38 mm, bei Beschickung der Körper mit vorgefaultem Abwasser hingegen für die primären Körper 25 bis 75 mm und für die secundären Körper 6 bis 19 mm.

In Deutschland verdanken wir Dunbar's[3]) eingehenden und systematisch ausgeführten Versuchen eine genaue Kenntniss des bei den einzelnen Korngrössen zu erwartenden Reinigungseffectes. Die von dem Genannten theils allein, theils in Verbindung mit Zirn und Thumm an den Eppendorfer Abwässern (in ihrer Concentration den Abwässern schwemmkanalisirter Städte etwa entsprechend) ermittelten Ergebnisse lassen sich in folgende ganz allgemein gehaltene Sätze zusammenfassen:

1. Grobes Material, Korngrösse 10 bis 30 mm, bewirkt einen Reinigungseffect von 20, 30, höchstens 40 pCt.;[4]) die äussere Beschaffenheit der Abflüsse erscheint gegenüber der des Rohwassers wenig verändert; die anfänglich fäkalartig oder faulig riechenden Abflüsse zeigen späterhin (beim Aufbewahren in geschlossener Flasche) meistens einen deutlich fauligen und Schwefelwasserstoffgeruch; das Wasser, oftmals auch der vorhandene Bodensatz, lässt alsdann meistens eine schwarze Verfärbung (Schwefeleisenbildung) erkennen.

2. Feines Material ohne vorgeschalteten primären Körper, Korngrösse 3—10 mm, bewirkt einen Reinigungseffect von über 65 pCt.; die äussere Beschaffenheit hat sich gegenüber der des

1) Vergl. Büsing, l. c. S. 739.

2) Barwise, l. c. S. 28.

3) Dunbar, Viertelj. f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge XIX. Suppl. S. 178. Dunbar und Zirn, ebenda S. 216. Dunbar und Thumm. München und Berlin 1902.

4) Die Zahlen bedeuten die Abnahme der Oxydirbarkeit (Kaliumpermanganatverbrauch); die Abnahme des organischen Stickstoffs geht hiermit gewöhnlich einigermassen parallel.

Digitized by Google

unbehandelten Wassers gebessert; die Abflüsse sind aber immer noch trübe und enthalten eine ziemliche Menge von Schwebestoffen; das Abwasser hat seine Fäulnissfähigkeit verloren; beim Stehen in offenen oder geschlossenen Gefässen findet eine Veränderung dahingehend statt, dass das Wasser unter Abscheidung eines nicht sehr bedeutenden Niederschlages vollständig klar und blank wird; der den Abflüssen charakteristische modrige Geruch geht meistens zunächst in einen Erdgeruch über und ist schliesslich vollständig verschwunden; eine Schwarzfärbung des Niederschlages (Schwefeleisenbildung) wird nicht beobachtet.

3. Feines Material mit vorgeschaltetem primären Körper (Korngrösse des letzteren 10—30 mm).

α) Korngrösse 5—10 mm; erzielter Reinigungseffect 60—70 pCt.; äussere Beschaffenheit nicht unerheblich besser als bei feinem Material allein; sonst wie dort.

β) Korngrösse 3—7 mm; erzielter Reinigungseffect meistens über 70 pCt.; äussere Beschaffenheit besser als bei α, sonst wie dort.

4. Sand mit vorgeschaltetem feinem Material oder grobem und feinem Material. Der Reinigungseffect beträgt über 80 pCt. und mehr; durch Vollstehen des Sandoxydationskörpers mit dem zu behandelnden Abwasser eine gewisse Zeit lang, später auch durch einfache Filtration durch den Sand hindurch kann ein vollständig klares Product erzielt werden; Geruch ist meistens nicht mehr vorhanden; die Abflüsse faulen in keinem Falle nach.

Bei den seitens der Anstalt mit dem in Rede stehenden Verfahren ausgeführten Versuchen bestand das Bestreben, zum Aufbau der Oxydationskörper identische Materialien[1]) oder, wenn dies nicht möglich war, wenigstens Stoffe von gleicher Korngrösse in Verwendung zu nehmen, um an der Hand der an möglichst gleichen Materialien aber mit verschiedenen Abwässern erzielten Ergebnisse festzustellen, ob bei den einzelnen Abwässern in Bezug auf ihre Reinigung durch das genannte Verfahren nennenswerthe Unterschiede bestehen oder nicht, d. h. ob man die an bestimmten Schmutzwässern festgestellten Ergebnisse auch auf andere Abwässer übertragen kann, oder ob in jedem Einzelfall Vorversuche erforderlich sind.

1) Bei den von Dr. Emmerling mit reinen Substanzen ausgeführten Versuchen fand Oxydationsmaterial derselben Art und Herstammung Verwendung; s. dieses Heft S. 73ff.

Digitized by Google

Als Material für die Oxydationskörper wurde Schlacke verwendet, und zwar für die groben Körper ein Korn von 8—25 mm[1]), für die feinen ein solches von 3—8 mm und für die Nachbehandlung der Schlackenabflüsse Sand, welcher durch Waschen von seinen thonigen Bestandtheilen vollständig befreit war.

Geprüft wurden das einfache, doppelte und dreifache Verfahren und zwar an nachstehenden Schmutzwässern:

Abwasser von Tempelhof (Trennsystem): concentrirtes städtisches Schmutzwasser; Vorbehandlung vor seiner Einleitung in die Oxydationskörper: Vorfaulen in überdecktem Faulraum;

Abwasser von Reinickendorf (Trennsystem): concentrirtes, leicht gefaultes Schmutzwasser, welchem durch zahlreiche thierische Abgänge (Rindvieh- und Pferdejauche) ein anormaler Charakter verliehen ist; Vorbehandlung: Kohlebreiverfahren;

Abwasser von Charlottenburg (Mischsystem): Schmutzwasser von etwa mittlerer Concentration; städtisches und industrielles Abwasser; schon etwas vorgefault; Vorbehandlung: mechanisch;

Stärkefabrikabwasser: Sehr concentrirtes industrielles Abwasser; Vorbehandlung: mechanisch.

Die mit diesen Abwässern erhaltenen Ergebnisse[2]) waren, allgemein zusammengefasst, die folgenden:

1. Grobe Schlacke, Korngrösse 8—25 mm, bewirkte sowohl bei den städtischen wie bei dem industriellen Abwasser einen Reinigungseffect von 20 bis etwa 30 pCt.[3]); die äussere Beschaffenheit war gegenüber der des Rohwassers wenig verändert; das Abwasser faulte nach 1 bis mehreren Tagen meistens unter gleichzeitiger Schwefeleisenbildung nach.

2. Feine Schlacke, Korngrösse 3—8 mm, sowohl für sich allein wie unter Vorschaltung eines groben Körpers, nahm den städtischen Abwässern in allen Fällen ihre Fäulnissfähigkeit; bei dem Stärkefabrikabwasser gelang es in keinem Falle, weder bei einfacher noch doppelter Schlackebehandlung, die Fäulnissfähigkeit zu beseitigen.

---

1) Bezüglich der einzelnen Korngrössen sowie bezüglich des Eisengehaltes des Materials vergleiche die Specialberichte in diesen „Mittheilungen".

2) Es ist beabsichtigt, über die betreffenden Versuche noch eingehend in späteren Mittheilungen zu berichten.

3) Siehe S. 101, Anm. 4.

Digitized by Google

Der Reinigungseffect, beurtheilt nach der Abnahme der Oxydirbarkeit und des organischen Stickstoffes, war bei den geprüften städtischen Abwässern durchweg niedriger, als sie Dunbar für das Eppendorfer Abwasser gefunden hatte, und die ermittelten Zahlen durchweg ausserordentlich schwankend.

Bei dem Stärkefabrikabwasser wurde, obgleich die Abflüsse aus den Oxydationskörpern, wie gesagt, stets noch nachfaulten, eine aussergewöhnlich hohe Abnahme der Oxydirbarkeit und des organischen Stickstoffs beobachtet (bis 70 pCt.).

Die Schlackenabflüsse waren stets trübe; bei den städtischen Abwässern wurde nach einigen Tagen unter Ausscheidung eines relativ geringen Bodensatzes eine vollständige Klärung beobachtet; bei dem Stärkefabrikabwasser hingegen blieben die Schlackenabflüsse trübe, färbten sich meistens in Folge Schwefeleisenbildung schwarz und rochen intensiv nach Schwefelwasserstoff.

3. Sand mit vorgeschalteter feiner Schlacke oder grober und feiner Schlacke. Im Allgemeinen wurden ähnliche Verhältnisse festgestellt wie die von Dunbar ermittelten. Die Abnahme der Oxydirbarkeit und des organischen Stickstoffs lag für die städtischen Abwässer jedoch durchweg niedriger; bei den Stärkefabrikabwässern gelang es, durch die Sandnachbehandlung dem Wasser seine Fäulnissfähigkeit zu nehmen; der organische Stickstoff wurde hierdurch oftmals vollständig entfernt, und die Herabsetzung der Oxydirbarkeit betrug meistens über 90 pCt.

Aus vorstehenden Feststellungen geht hervor, dass bei den geprüften städtischen Abwässern eine grosse Uebereinstimmung in Bezug auf den erreichten Reinheitsgrad besteht, dass das Stärkefabrikabwasser aber in dieser Beziehung ein von diesen Wässern völlig verschiedenes Verhalten erkennen lässt.

Erscheint es also hiernach zunächst nur für industrielle Abwässer unerlässlich, vor Schaffung einer definitiven biologischen Anlage Vorversuche über die zweckmässigste Art ihrer Reinigung anzustellen, so sprechen doch verschiedene Ueberlegungen dafür, dass es auch bei städtischen Abwässern im Allgemeinen räthlich, in einzelnen Fällen sogar erforderlich ist, durch besondere Vorversuche die zweckmässigste Gestaltung der biologischen Reinigung zu ermitteln. Wie nämlich bereits mitgetheilt, gelang es zwar in unseren Versuchen, in jedem Falle den städtischen Abwässern durch die genannte biologische Behandlung die Fäulnissfähigkeit zu nehmen; jedoch zeigten sich

Digitized by Google

die durch die chemische Analyse ausgedrückten Reinigungseffecte ausserordentlich schwankend. Geht hieraus schon hervor, dass sich der biologischen Behandlung gegenüber das eine städtische Abwasser nicht ebenso verhält wie das andere, so zeigen sich weitere wesentliche Unterschiede erfahrungsgemäss darin, dass bei concentrirteren Schmutzwässern im Allgemeinen eine weniger häufige Beschickung der Oxydationskörper möglich ist als bei weniger concentrirten, dass also die quantitative Leistungsfähigkeit der Körper je nach der Beschaffenheit der Abwässer eine verschiedene ist. Diese Gründe lassen es empfehlenswerth erscheinen, dass man auch bei städtischen Abwässern durch Vorversuche die im einzelnen Falle zweckmässigste Art der Behandlung zum Zwecke der biologischen Reinigung ermittelt.

Aus der gesammten vorstehenden Darstellung geht hervor, von wie ausschlaggebender Bedeutung die Frage der Korngrösse des Oxydationskörpermaterials für den zu erzielenden Reinigungseffect ist. Eine befriedigende Reinigung der städtischen Abwässer erhielten wir mit dem doppelten Verfahren in allen Fällen bei Verwendung einer Korngrösse von 8—25 mm für den primären und 3—8 mm für den secundären Körper. Kam das einfache Verfahren zur Anwendung, so wurde ein befriedigender Effect gewöhnlich mit einer Korngrösse von 3—8 mm erzielt. Es dürfte sich empfehlen, dass bei Neu- resp. Versuchsanlagen von biologischen Reinigungseinrichtungen, die für städtische Abwässer bestimmt sind, Korngrössen Verwendung finden, welche sich den genannten mehr oder weniger anschliessen.

Bei Entscheidung der Frage über die zweckmässigste Korngrösse verdienen noch folgende allgemeine Punkte eine Berücksichtigung:

Zunächst dürfen die Grenzwerthe der zum Aufbau eines Oxydationskörpers verwendeten Korngrössen nicht zu weit auseinander liegen, d. h. es dürfen in dem Material, welches zur Beschickung eines einzelnen Oxydationskörpers dienen soll, die einzelnen Stücke sich nicht allzusehr in ihrer Grösse von einander unterscheiden. Es würde sonst, wie es bereits in der Praxis beobachtet worden ist, im Laufe des Betriebes durch Einschwemmen der feineren Theile in die Poren der gröberen eine starke Sackung des Oxydationskörpers und Hand in Hand damit eine bedeutende Abnahme seiner Aufnahmefähigkeit eintreten.

Digitized by Google

Weiterhin empfiehlt es sich, die einzelnen zum Aufbau eines Körpers benutzten Korngrössen nicht schichtenweise nach Art der Sandfilter, sondern mehr oder weniger gleichmässig mit einander gemischt in Verwendung zu nehmen. Erfahrungsgemäss muss nämlich ein Oxydationskörper früher oder später, auch wenn dem Abwasser seine Schwebestoffe durch eine Vorbehandlung noch so weitgehend genommen werden, entschlammt werden. Da diese Regenerirung des Körpers ohne Herausnehmen des Füllmaterials aus seiner ursprünglichen Lage nicht durchführbar ist, wäre die Entschlammung bei einer schichtenweisen Anordnung der einzelnen Korngrössen mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft und, wenn überhaupt, praktisch durchführbar, mit zweifellos recht bedeutenden Kosten verbunden.

Zur Verminderung der Herstellungskosten wird man die groben und feinen, eventuell auch die feinsten Oxydationskörper nicht nur aus einerlei Material herstellen, sondern zweckmässig auch die Korngrössen für die einzelnen Körper derartig wählen, dass dieselben sich unmittelbar aneinander anschliessen[1]), dass also für die primären Körper z. B. ein Korn von 25—8, für die secundären ein solches von 8—3 mm gewählt wird. Die Herstellung des Oxydationskörpermaterials stellt sich naturgemäss in diesem Falle weniger kostspielig, als wenn man z. B., wie von Barwise angegeben wird, für die primären Körper ein Korn von 75—125 mm und für die secundären Körper ein Korn von 13—38 mm in Verwendung nimmt; in dem letzteren Falle nämlich ist für das übrigbleibende Material von 38—75 mm keine Verwendung, resp. ein weiteres Zerkleinern dieses Materials nothwendig.

c) Die erforderliche Materialmenge[2]).

Nach vorstehenden Ausführungen ist bei geplanter Einrichtung einer biologischen Anlage im einzelnen Falle die Schaffung einer Versuchsanlage, an welcher die für die Herstellung der definitiven Anlage erforderlichen Grundlagen gewonnen werden können, angezeigt. Besonders gilt dies für grössere Anlagen, während man bei kleineren,

1) S. auch Bruch, l. c. S. 137.

2) Die Vorschriften des Board finden sich als Anlage zu der Fortsetzung dieser Arbeit im nächsten Hefte.

z. B. für Krankenhäuser, Kasernen, kleinere Dörfer etc. schon heute in der Lage ist, die zweckdienlichste Art ihrer Herstellung und damit auch die zum Aufbau des Oxydationskörpers erforderliche Materialmenge anzugeben. Aber auch in solchen Fällen sind die Verhältnisse oftmals recht verschieden und je nach den mit Rücksicht auf den Vorfluther zu stellenden Anforderungen soweit auseinandergehend, dass man nicht in der Lage ist, allgemeine, für alle Fälle passende Angaben über die jeweils nothwendig werdende Materialmengen zu machen.

Dieselben sind z. B. verschieden gross, je nachdem in Anbetracht der Beschaffenheit und der Wasserführung des Vorfluthers ein durch grobes Material zu erreichender Reinheitsgrad ausreicht, oder die Anwendung von feinem Material, oder grobem und feinem Material, oder gar noch von Sand gefordert werden muss. Weiterhin wird die Materialmenge beeinflusst von der Concentration des zu reinigenden Wassers, indem bei concentrirterem Abwasser ein Körper weniger oft gefüllt werden darf als bei dünnerem Abwasser, wodurch in dem ersten Falle mehr, in dem letzten weniger Material nothwendig wird u. s. w.

In Anbetracht der im Einzelfalle durch die örtlichen Verhältnisse bedingten grossen Verschiedenheiten und die Unmöglichkeit, bezüglich der Menge des in Betracht kommenden Materials allgemeine Vorschriften zu geben, beschränke ich mich an dieser Stelle darauf, an einigen Beispielen zu zeigen, welche Materialmengen unter bestimmten Bedingungen erforderlich waren.

Dabei ist zu beachten, dass es sich in den aufgeführten Beispielen um concentrirtes städtisches bezw. industrielles Abwasser ohne Regenwasserzusatz handelte, und dass in allen Fällen mit Rücksicht auf den Vorfluther der erreichbar höchste Reinheitsgrad zu fordern war. Die Grösse der einzelnen Becken wurde derartig bemessen, dass jeder Körper innerhalb einer Stunde gefüllt werden konnte. Als durchschnittliche Aufnahmefähigkeit der zum Aufbau der groben und feinen Oxydationskörper erforderlichen Materalien wurden, wie in England und vielfach auch in Deutschland (Dunbar) üblich, 250 l pro 1 cbm Material angenommen[1]).

1) Die Annahme einer durchschnittlichen Aufnahmefähigkeit von 250 l für das Cubikmeter Material ist nur für Schlacke, Koks und Ziegelbrocken, aber nicht für Kies zulässig.

Digitized by Google

Beispiele:

Concentrirtes städtisches Abwasser; Vorbehandlung in Klärbecken oder Klärbrunnen.

Für 1000 cbm Abwässer:

Primärer Körper: Schlacke; Korngrösse 8—25 mm; 4 mal täglich gefüllt; 1000 cbm Material in zwei Becken à 500 cbm;

Secundärer Körper: Schlacke; Korngrösse 3—8 mm; 2 mal täglich gefüllt; 2000 cbm Material in vier Becken à 500 cbm;

Tertiärer Körper: Sand; Nachfiltration; 500 cbm Material in zwei Becken à 250 cbm; Material 0,5 m hoch aufgeschichtet; die Becken 0,75 bis 1 m tief.

Concentrirtes häusliches Abwasser (aus einem Asyle); Vorbehandlung in einem Faulraum.

Für 20 cbm Abwasser:

Primärer Körper: Schlacke; Korngrösse 3—8 mm; 2 mal täglich gefüllt; 40 cbm Material in zwei Becken à 20 cbm;

Secundärer Körper: Sand; Nachfiltration; 20 cbm Material in zwei Becken à 10 cbm; Materialhöhe 0,5 m, die Becken 1 m tief.

Concentrirtes industrielles Abwasser (Kartoffelstärkefabrikabwasser); Vorbehandlung mechanisch im Stärkeschlammteich.

Für 500 cbm Abwasser:

Primärer Körper: Schlacke; Korngrösse 3—8 mm; 2 mal täglich gefüllt; 1000 cbm Material in vier Becken à 250 cbm;

Secundärer Körper: Sand; etwa 2 mal täglich gefüllt; 1500 cbm Material in vier Becken à 375 cbm; Materialhöhe 1 m.

Die Gründe, welche die verschiedenartige Vorbehandlung in den vorangeführten Fällen bestimmten, werden später besprochen werden.

d) Bauliche Gestaltung der für die Aufnahme des Oxydationskörpermaterials erforderlichen Becken.

Die Reinigung eines Abwassers vermittelst des biologischen Verfahrens spielt sich bekanntlich derartig ab, dass das Schmutzwasser in ein mit geeignetem Material gefülltes Becken — den Oxydationskörper — eingeleitet wird, nach vollständiger Füllung des Körpers eine zeitlang stehen bleibt, um alsdann mehr oder weniger gereinigt aus demselben entlassen zu werden. Nach vollständiger Entleerung des Körpers

Digitized by Google

bleibt derselbe eine Zeit lang leer stehen — Lüftungsperiode des Körpers —, wonach sich der eben beschriebene Turnus wiederholt.

Dieser relativ recht einfache Betriebsmodus stellt aber eine Reihe von Anforderungen an die zur Aufnahme des Oxydationskörpermaterials bestimmten Gruben, und man hat in der Praxis öfters Gelegenheit zu beobachten, dass die Becken keinesfalls den an sie zu stellenden Anforderungen in allen Punkten gerecht werden und manchmal sogar derartig eingerichtet bezw. projectirt sind, dass trotz Verwendung von passendem Material ein Kläreffect so gut wie ausgeschlossen ist.

Diese an bestehenden Anlagen bezw. auch an einzelnen Projecten wiederholt und bis in die neueste Zeit gemachten Erfahrungen mögen erklären, wenn im Nachstehenden mancherlei Bekanntes Erwähnung findet.

Grösse der einzelnen Becken[1]). Schon an anderer Stelle wurde darauf hingewiesen, dass die Reinigung eines Abwassers durch das biologische Verfahren während des Vollstehens des Körpers innerhalb relativ kurzer Zeit erfolgt, während die durch die Mikroorganismenthätigkeit bedingte Regenerirung eine verhältnissmässig lange Lüftungsperiode des Körpers beansprucht.

Unter Beachtung dieser während des Voll- und Leerstehens sich abspielenden Vorgänge und unter der weiteren Erwägung, dass bei einem allzulangen Aufenthalte des Abwassers in einem Oxydationskörper — Dunbar[2]) nimmt als Maximum für den Aufenthalt eines Abwassers im Oxydationskörper etwa 5—6 Stunden an — störende Reductionserscheinungen sich abspielen können, ist bei der Herrichtung biologischer Anlagen darauf Bedacht zu nehmen, dass die Dauer der Füllung, des Vollstehens und der Entleerung thunlichst kurz bemessen wird, um für die wichtige Lüftungsperiode eine genügend lange Zeit zur Verfügung zu haben.

Die Zu- und Abflussdrainage eines Oxydationskörpers ist deshalb derartig zu dimensioniren, dass die Füllung und Entleerung desselben in thunlichst kurzer Zeit erfolgen kann. Die Grösse der einzelnen Becken, in welche das Füllmaterial unterzubringen ist, hat sich der in Betracht kommenden Abwassermenge derartig anzupassen, dass die Füllungsdauer eines Oxydationskörpers die Zeit von 2 Stunden

1) Vergl. Büsing, l. c. S. 817.
2) Techn. Gemeindeblatt. Jahrg. V. 1902. S. 18.

Digitized by Google

im Allgemeinen nicht überschreitet; bei grösseren Anlagen muss man bestrebt sein, durch Oxydationskörper von verschiedener Grösse, bei kleineren Anlagen durch zeitweise Aufspeicherung und stossweise Einführung des angesammelten Abwassers in die Oxydationskörper dem ungleichmässigen Zuflusse von Schmutzwasser zur Kläranlage Rechnung zu tragen.

In manchen Fällen — bei Anwendung des doppelten Verfahrens — kann es zweckdienlich sein, den primären Körper als Ausgleichbecken für den wechselnden Rohwasserzufluss über eine grössere Zeit hinaus als die oben angegebene Füllungsdauer von 2 Stunden in Anspruch zu nehmen. In diesem Falle ist darauf zu achten, dass das Abwasser — Füllung, Vollstehen und Entleerung zusammengenommen — mit dem Oxydationskörpermaterial höchstens etwa sechs Stunden in Contact bleibt.

Die Herstellung der Becken. Die zur Aufnahme des Füllmaterials zu schaffenden Becken haben folgenden allgemeinen Anforderungen zu entsprechen:

1. Sie müssen wasserdicht abgegrenzt sein, vor Allem wenn man beabsichtigt, eine automatische Entleerung der Körper einzurichten.

2. Die Sohle der Becken ist so zu gestalten, dass eine vollständige Entleerung gewährleistet ist.

3. Die Becken sind frostsicher anzulegen.

Am einfachsten gestaltet sich die Herstellung der Becken in wasserundurchlässigem Terrain, wie z. B. in Sutton[1]) und Sheffield[2]), woselbst es durch einfaches Ausheben des Bodens möglich war, zweckdienliche Gruben zur Aufnahme des Oxydationskörpermaterials zu schaffen. In schwerdurchlässigem Boden genügt manchmal auch eine einfache Befestigung der Sohle wie z. B. in Stargard i. P.[3]); in den weitaus meisten Fällen wird man aber die Herstellung wasserdichter Wände und einer wasserundurchlässigen Sohle nicht umgehen können, wobei die Becken je nach den örtlichen Verhältnissen entweder

1) Vergl. z. B. Bruch, l. c. S. 137.
2) Vergl. Heuser, Techn. Gemeindeblatt. Jahrg. III. 1900. S. 69.
3) Grobe Oxydationskörper, angelegt von Mairich, Gotha.

Digitized by Google

durch Belegen der Wandungen mit Cement (z. B. in Liverpool[1]) oder auch aus massivem Mauerwerk herzustellen wären.

Tiefe der Becken bezw. die Höhe des Oxydationskörpermaterials[2]). Die Tiefe der zur Aufnahme des Füllmaterials erforderlichen Becken bezw. die Höhe des in dieselben eingebrachten Materials stehen zur Frage der Luftcirculation in dem Oxydationskörper in engster Beziehung. Wie an anderer Stelle erwähnt wurde, findet in einem entleerten Oxydationskörper nur bei Gegenwart des Luftsauerstoffs eine intensive Mikroorganismenthätigkeit, welche die Zersetzung der während des Vollstehens zurückgehaltenen Schmutzstoffe zur Folge hat, statt, und es ist deshalb zur Erzielung einer normalen Functionirung eines Oxydationskörpers unerlässlich, denselben derartig herzurichten, dass unter allen Umständen eine ausreichende Sauerstoffzuführung gewährleistet ist.

Zur Erreichung dieses Zweckes darf deshalb ein Oxydationskörper entweder nur eine bestimmte beschränkte Höhe haben, sodass stets ein genügender Luftaustausch stattfinden kann, oder es muss bei einer Ueberschreitung dieser Höhe dafür Sorge getragen werden, dass vermittelst besonderer Lüftungseinrichtungen die Zufuhr des erforderlichen Sauerstoffs in alle Theile des Oxydationskörpers sichergestellt ist.

Als zulässige Grenze, bei welcher man im Allgemeinen ohne besondere Lüftungseinrichtungen auskommen dürfte, kann man annehmen:

1,5—2 m für grobe Körper, Korngrösse 8—25 mm;
1,0—1,5 m für feinere Körper, Korngrösse 3—8 mm;
0,5—1 m für feine Körper, Korngrösse unter 3 mm.

Bei Oxydationskörpern, welche in ihren Höhendimensionen über die vorstehend genannten Grenzen hinausgehen, empfiehlt sich nach unseren Erfahrungen unter allen Umständen die Anlage besonderer Lüftungseinrichtungen, als welche am zweckmässigsten vertical in das Material eingesenkte, nicht zu weite Ventilationsröhren in Verwendung kommen.

---

1) Boyce, R., Viertelj. f. ger. Med. und öffentl. Sanitätswesen. Bd. XXII. 1901. S. 381. (Referat).

2) Vergl. hierzu: Hazen (in Büsing, l. c. S. 754); Dunbar, Vierteljahrsschr. f. ger. Med. und öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. XIX. Bd. 1900. Suppl. S. 68.

Digitized by Google

Eine künstliche, durch Einblasen von Luft in den Oxydationskörper bewirkte Lüftung scheint im Allgemeinen nicht nothwendig, und der erreichte Effect steht, wie neuere Untersuchungen gezeigt haben, keineswegs im Verhältniss zu den aufgewandten Kosten.[1])

Einrichtungen für die Füllung und Entleerung der Oxydationskörper. Für den ordnungsmässigen Betrieb eines Oxydationskörpers ist die Schaffung von Einrichtungen, welche eine gleichmässige Vertheilung des zufliessenden Wassers über seine Oberfläche, sowie die glatte und vollständige Abführung des Wassers aus demselben gewährleisten, unerlässlich. Wie schon bei der Besprechung der Grösse der einzelnen Becken betont wurde, ist es zur Sicherstellung einer möglichst grossen Lüftungsperiode erforderlich, die Zu- und Ableitung eines Körpers derartig zu bemessen, dass die in Frage kommenden Operationen in thunlichst kurzer Zeit sich vornehmen lassen, und zwar empfiehlt es sich, wie diesseits als vortheilhaft festgestellt werden konnte, die in Rede stehenden Leitungen so zu dimensioniren, dass die Füllung bezw. Entleerung eines Körpers erforderlichenfalls schon innerhalb einer halben Stunde vorgenommen werden kann.

Die constructive Gestaltung der Einrichtungen, welche dem vorgenannten Zwecke dienen, erfolgt in praxi auf recht verschiedene Weise. Die Zuleitung des Abwassers geschieht in manchen Fällen, z. B. in Hampton,[2]) überhaupt ohne feste Einrichtungen, indem man das Abwasser einfach durch Furchen, welche auf der Oberfläche des Materials gezogen sind, zu vertheilen sucht. In anderen Fällen nimmt man die Füllung des Oxydationskörpers gleichfalls ohne besondere Vertheilungsrinnen, aber nur von einer Stelle aus vor[3]) und ist gleichzeitig bestrebt, durch Aufbringen von feinerem Material an dieser Stelle und öftere Erneuerung desselben eine Verschlammung des übrigen Körpers möglichst hintanzuhalten. In den weitaus meisten Fällen bedient man sich besonderer Vertheilungsrinnen, welche entweder in bestimmter Höhe über dem Oxydationskörpermaterial angebracht sind (z. B. in Tempelhof bei Berlin), oder auf demselben frei aufliegen (z. B. in Carolinenhöhe, Westend) oder mit einer Packung von

1) Jones, Centralbl. f. allg. Gesundheitspfl. 1901, S. 413. (Referat).

2) Vergl. Büsing, l. c. S. 739.

3) Campbell, The Surveyor, 1901, XX Suppl. No. 503; sowie Centralbl. f. allg. Gesundheitspflege 1901, S. 416. (Referat.)

grobem oder feinem Material umgeben, also unterhalb der Oberfläche des Oxydationskörpers angeordnet sind (z. B. in Stargard i. P., Waldhof-Elgershausen,[1]) Grunewald bei Berlin).

Auf Grund mannichfacher diesseits gemachter Beobachtungen hat sich aus nachstehend aufgeführten Gründen die zuletzt erwähnte Art der Anordnung — Einlegen der Vertheilungseinrichtungen in das Material — am vortheilhaftesten erwiesen:

1. Es ist geringeres Gefälle erforderlich als bei einem Höherliegen der Zuflussleitung.

2. Es findet keine Abkühlung des Abwassers statt während seiner Einleitung in den Oxydationskörper.

3. Etwaige beim Füllen der Körper sonst sich bemerkbar machende Geruchsbelästigungen werden vollständig vermieden.[2])

Als zweckentsprechende Vertheilungsrinnen finden bei Anordnung der Leitung innerhalb des Oxydationskörpermaterials gelochte Drainröhren von Steinzeug Verwendung, welche zweckmässig etwa 15 bis 20 cm unterhalb der Oberfläche des Körpers gelegt werden. Im Einzelfalle wäre zu entscheiden, ob man mit einander parallel laufenden Röhrenzügen (wie z. B. in Wildau) auskommt, oder ob es nothwendig ist, an diese Hauptröhren noch kleinere Seitenröhren, vielleicht nach Art der Anordnung der Heringsgräten[3]) anzufügen. In beiden Fällen müssen die Enden dieser Vertheilungsröhren knieförmig in die Höhe geführt werden, um eine gleichmässige Vertheilung des Wassers über den gesammten Oxydationskörper möglich zu machen.

Bei Einlegung der Vertheilungsleitung in die obere Schicht des Oxydationskörpers ist die im Laufe des Betriebes erfolgende Sackung des Materials in Berücksichtigung zu ziehen und sind die Röhren derartig lose an einander zu legen, dass durch das Zusammensinken des Körpers keine Beschädigung (in Folge Durchbiegen der Rohrleitung bei fester Verbindung der einzelnen Stücke) erfolgen kann; bei Beschaffung des erforderlichen Oxydationskörpermaterials ist zu berücksichtigen, dass eventuell späterhin weitere Mengen nothwendig werden, um die vorstehend angegebene Tiefenlage der Röhren unter der Oberfläche fortdauernd zu gewährleisten.

Das über den Röhren lagernde, bezw. über dieselben neu aufzubringende Material könnte entweder von gröberem oder auch von

1) Vergl. Büsing, l. c. S. 821.
2) Dunbar und Thumm, l. c. S. 119.
3) S. Barwise, l. c., Diagramm 4.

gleichem Korn sein als das übrige Material. Eigene Beobachtungen aus jüngster Zeit haben gezeigt, dass es in Anbetracht der früher oder später nothwendig werdenden Regenerirung des Oxydationskörpers zweckmässiger ist, wenn als Deckmaterial für die Vertheilungsleitung dasselbe Material Verwendung findet wie für den übrigen Oxydationskörper.

Die Drainage, welche das Abwasser aus dem Oxydationskörper abzuleiten hat, ist derartig anzulegen, dass die vollständige Entleerung der Becken gesichert ist. Die Manchester-Sachverständigen[1]) halten zwar für vortheilhaft, wenn die Ableitungsröhren unter Umständen dauernd gefüllt bleiben; auf Grund von Beobachtungen, welche wir selbst in dieser Richtung hin gemacht haben, kann dieser Ansicht nicht beigestimmt werden.

Die Abflussdrainage wird zweckmässig aus ähnlichen Röhren und in ähnlicher Anordnung hergestellt, wie die Zuleitung. Gelegentlich kann dieselbe aber auch ganz vortheilhaft, wie es provisorisch in Hamburg[2]) geschehen ist, aus Ziegelsteinen aufgebaut werden. In beiden Fällen muss bei feineren Oxydationskörpern durch Umgebung der Abflussleitung mit Material von gröberem Korn dafür Sorge getragen werden, dass ein Einschlemmen von Oxydationskörpermaterial in die Abflussdrainage ausgeschlossen ist. Hierbei ist zu beachten, dass thunlichst wenig von diesem gröberen Material Verwendung findet, damit nicht der durch das feinere Material bedingte Reinigungseffect eine nachtheilige Beeinflussung erfährt.

Die Zu- und Abflussleitungen sind derartig anzulegen, dass eine Entnahme von Wasserproben zwecks Controle der Leistung eines jeden Körpers möglich ist.

Um zu verhüten, dass versehentlich bei der Füllung eines Körpers zuviel Abwasser in denselben eingeleitet wird, empfiehlt sich das Anbringen von Schwimmern, unter Umständen auch die Einrichtung elektrischer Signalapparate; vortheilhaft ist in jedem Falle das Anbringen von Ueberlaufeinrichtungen, die derartig angelegt werden, dass das über der Zu- resp. Vertheilungsleitung liegende Material bei der Füllung des Körpers frei bleibt.

Wenn möglich, sind Messapparate vorzusehen, welche über die so wichtige quantitative Leistung eines jeden Körpers Aufschluss geben.

---

1) Vergl. Techn. Gemeindeblatt. Jahrg. III. 1901. 167. (Referat.)

2) Dunbar, D. Viertelj. für öffentl. Gesundheitspfl. Bd. 31. S. 641.

Schutz des Oxydationskörpers gegen den Einfluss der Kälte; Ueberdachung der Becken. Die während der kälteren Jahreszeit in Bezug auf die Leistungsfähigkeit der Oxydationskörper gemachten Erfahrungen lassen in übereinstimmender Weise erkennen, dass Becken, welche durch keine besondere Ueberdachung gegen die Kälte geschützt waren, in Bezug auf den erreichbaren Reinheitsgrad in dieser Zeit nicht wesentlich anders arbeiteten, als im Sommer[1]). Besonders galt dies für alle die Fälle, bei welchen durch Einlegen der Vertheilungsröhren in den Oxydationskörper hinein eine Abkühlung des zufliessenden Wassers vermieden war.

Auf Grund mannichfacher in dieser Richtung hin gemachter Erfahrungen erscheint eine Ueberdachung der grösseren Becken — besonders wenn die soeben genannte Vorsicht bei der Einleitung des Rohwassers in den Oxydationskörper geübt wird — im Allgemeinen in einem Klima bezw. bei Kältegraden, wie sie für Berlin bezw. Mitteldeutschland in Betracht kommen, nicht erforderlich, und es genügt zumeist, wenn die Becken entweder durch Einlassen in den Erdboden oder bei einem Liegen über Terrain durch seitlichen Erdanwurf frostsicher angelegt werden.

Auch bei sehr kleinen Oxydationskörpern, z. B. bei kleinen Versuchsbecken waren die eben genannten Vorsichtsmaassregeln ausreichend, um auch während des Winters die Becken zufriedenstellend functioniren zu lassen. Trotz dieser hauptsächlich an der Grunewalder Versuchsanlage gemachten Erfahrungen erscheint es auf Grund von Beobachtungen, welche wir an anderen kleinen Anlagen machen konnten, empfehlenswerther, wenn kleine Betriebe eine Ueberdachung erfahren, die in zweckdienlicher und nicht sehr kostspieliger Weise nach Art der Mistbeete hergestellt werden kann.

Die in manchen Anlagen zum Schutze gegen etwaige Geruchsbelästigungen ausgeführte Ueberdachung[2]) ist überflüssig, weil sich dieser Zweck in einfacherer Weise durch Einleitung des Abwassers unterhalb der Oberfläche des Oxydationskörpermaterials erreichen lässt (s. oben S. 113).

Zuleitung des Abwassers zu den einzelnen Becken; Ver-

---

1) Vergl. u. a. Schmidtmann, Proskauer, Wollny, Thiesing, Vierteljahrsschrift f. ger. Med. und öff. Sanitätswesen. 3. Folge. XIX. Bd. 1900. Suppl. S. 152; ferner Schmidtmann, ebenda. S. 190; sowie Proskauer und Thiesing, ebenda. 3. Folge. XXI. Bd. 1901. Suppl. S. 231.

2) Schweder, Gesundheitsingenieur. 1900. No. 6. S. 91.

Digitized by Google

bindung der Becken unter sich. Bei Besprechung der zweckmässigsten Art, nach welcher die einzelnen Oxydationskörper einer biologischen Anlage mit einander zu verbinden sind, sind in erster Linie die Kläreinrichtungen zu berücksichtigen, bei welchen eine doppelte oder dreifache Behandlung des Abwassers vorgenommen werden soll. Bei derartigen Anlagen ist vorzusehen, dass aus jedem primären Körper jeder secundäre bezw. aus jedem secundären Körper jeder tertiäre Körper gefüllt werden kann, d. h. dass jeder einzelne Oxydationskörper ohne Störung des Gesammtbetriebes ausser Wirksamkeit gesetzt werden kann, so dass es vermieden wird, dass, wie man öfters zu beobachten Gelegenheit hat, bei Ausschaltung z. B. eines primären Körpers auch gleichzeitig noch ein secundärer, oder gar noch ein tertiärer ausser Function gesetzt wird.

Weiterhin hat man in biologischen Anlagen, in welchen das doppelte oder dreifache Verfahren geübt werden soll, dafür Sorge zu tragen, dass das Rohwasser sowohl den groben, wie auch direct den feinen Oxydationskörpern zugeführt werden kann, so dass also die Möglichkeit gegeben ist, die Körper sowohl hintereinander wie nebeneinander zu schalten.

Eine derartige Einrichtung empfiehlt sich insbesondere bei Wässern, welche in ihrer Menge, sei es wegen der mit zu verarbeitenden wechselnden Niederschlagswässer, sei es wegen sonstiger wechselnder Zuflüsse, grossen Schwankungen unterworfen sind.

Bei biologischen Anlagen, in welchen das einfache Verfahren in Aussicht genommen ist, ist im Einzelfalle zu erwägen, ob es nicht auch hier vortheilhaft ist, neben der normalen Nebeneinanderschaltung auch Einrichtungen, die gelegentlich eine Hintereinanderschaltung der Becken gestatten, vorzusehen.

Ausser den vorgenannten Leitungen, welche das Wasser den Becken zuzuführen und später wieder von denselben abzuleiten haben, wird in allen den Fällen, bei denen das Waschen des Materials zum Zwecke seiner Regenerirung in den Gruben selbst vorgenommen werden soll, die Anlage einer Schmutzwasserleitung nothwendig, die es gestattet, das beim Waschen erhaltene Schlammwasser getrennt von dem gereinigten Wasser der anderen Becken zur Ableitung zu bringen. Hierbei wird auf Grund örtlicher Verhältnisse zu entscheiden sein, ob der beim Waschen des Materials erhaltene nicht offensive, d. h. nicht mehr fäulnissfähige Schlamm zweckmässiger für sich allein oder zusammen mit dem aus dem Roh-

wasser vor seiner Einleitung in die Oxydationskörper abgeschiedenen offensiven Schlamme verarbeitet wird; in dem ersten Falle ist die Schlammwasserleitung zu geeigneten Sandflächen zu führen, woselbst die Drainirung des Schlammes und dessen weitere Behandlung vorgenommen werden kann; in dem zweiten Falle wird die Schlammleitung zweckmässig dem Sandfange der gemeinsamen Kläranlage zugeführt.

Was die gegenseitige Disponirung der eine biologische Anlage zusammensetzenden einzelnen Oxydationskörper betrifft, so hat die Erfahrung gelehrt, dass es für den Betrieb am zweckmässigsten ist, wenn das Wasser aus dem primären Oxydationskörper mit eigenem Gefälle in den secundären und in derselben Weise in den eventuell vorhandenen tertiären Körper gelangt. Wo die Terrainverhältnisse die hierzu nothwendige Anordnung der Körper in verschiedener Höhenlage nicht gestatten, ist selbstverständlich eine Hebung des Wassers an den in Frage kommenden Stellen erforderlich. Ueber die Art der constructiven Gestaltung ist im einzelnen Falle auf Grund der örtlichen Verhältnisse, der zur Hebung vorhandenen Kraft u. s. w. zu entscheiden.

Was den automatischen Betrieb biologischer Anlagen angeht, so behalte ich mir vor, über derartige Einrichtungen, die namentlich in England[1]) vielfach Anwendung finden, in einer späteren Arbeit zu berichten.

---

1) Vergl. z. B. Barwise l. c.

5.

Zur Frage der Müllbeseitigung mit specieller Berücksichtigung der landwirthschaftlichen Verwerthung.

Von

Dr. Hans Thiesing,
Wissenschaftlichem Mitgliede der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Wer die Vorgänge auf dem Gebiete der Müllbeseitigung aufmerksam und mit Verständniss verfolgt hat, weiss, welch' eifrige Thätigkeit diesen Zweig der öffentlichen Wohlfahrtspflege augenblicklich beherrscht. Vornehmlich sind es natürlich die communalen Verwaltungen, welche an der Spitze dieser Bewegung marschieren und unter Entfaltung grosser Rührigkeit die von interessirten Unternehmern und Firmen überall angestellten Versuche mit Schmelzen, Verbrennen, Vergasen u. s. w. des Mülls geschickt beeinflussen, sorgfältig beobachten und auch wohl durch Geldbeiträge unterstützen.

Leider kann man aber selbst bei dem grössten Optimismus nicht behaupten, dass die Ergebnisse dieser theilweise sehr umfangreichen und nur durch erhebliche Opfer an Geld und Mühe ermöglichten Experimente geeignet sind, die Befriedigung derer zu erwecken, welche ihnen mit Spannung entgegengesehen haben. Um die Gründe für diese Erscheinung verstehen zu können, muss man sich vergegenwärtigen, dass die Angelegenheit nicht einseitig von der hygienischen, sondern auch von der wirthschaftlichen Seite zu beurtheilen ist. So unzulässig es ist, wirthschaftliche Vortheile durch Preisgeben hygienischer Forderungen zu erkaufen, so nothwendig ist es andererseits, diese Forderungen in ein angemessenes Verhältniss zu dem wirthschaftlichen Aufwande, den sie erheischen, zu bringen.

Dieser Grundsatz ist bei den oben geschilderten Versuchen über die Müllbeseitigung nicht immer zu seinem Rechte gekommen; vielmehr sind diese Versuche, die in hygienischer Beziehung entschieden als ein Fortschritt angesehen werden müssen, in ihrem wirthschaftlichen Effect theilweise weit hinter dem Maass des Erwarteten zurückgeblieben. Das geht z. B. aus den Berichten der Städte Berlin[1]) und Köln[2]) über Versuche mit der Müllschmelze (Patent Wegener) hervor. Während die Sachverständigen dieser Städte den Eindruck gewonnen haben, dass die Schmelzung des Mülls in hygienischer Beziehung als die beste Beseitigungsart anzusehen ist, haben sie sich von der Zweckmässigkeit und Durchführbarkeit des Verfahrens in technicher und pecuniärer Hinsicht nicht überzeugen können.

Aehnliches gilt von der Verbrennung, von welcher B. Röhrecke in seiner ausführlichen und lehrreichen Monographie über das Hausmüll[3]) sehr richtig sagt, dass aus ihrem praktischen Erfolge in England und Hamburg nicht der Schluss gezogen werden darf, dass sie überall durchführbar sei. Dass sich Hausmüll, wenn ohne Rücksicht auf die Kosten entsprechend viel Kohlen zugesetzt werden, schliesslich mehr oder weniger verbrennen lässt, wird kaum jemand bestreiten wollen; aber grade die Kosten sind in den meisten Fällen für die Communen das ausschlaggebende Moment.

Andreas Meyer[4]) hat berechnet, dass sich für das Jahr 1901 die Verbrennung des Hamburger Mülls voraussichtlich schon um 0,173 M. für 1 t billiger stellt, als das Abfahren desselben auf ausserhalb der Stadt gelegene Stapelplätze. Aber die sowohl bezüglich der Brennbarkeit des Mülls, als auch hinsichtlich der Verwerthbarkeit der entstehenden Producte erwiesenermaassen günstigen Verhältnisse in Hamburg finden sich eben nicht überall, und deswegen stellen sich der Durchführung der Müllverbrennung vielerorts nahezu unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen.

Man hat dieselben, theilweise wenigstens, dadurch zu beheben versucht, dass man vorgeschlagen hat, die Müllverbrennung, die für sich allein zu theuer ist, mit der Beseitigung des bei der Abwässer-

---

1) Bohm und Grohn, Bericht über die Versuche der Müllschmelze (Patent Wegener). Berlin 1901.

2) Entwurf für eine Müllverwerthungsanlage in Köln. Köln 1900.

3) Röhrecke, Müllabfuhr und Müllbeseitigung. Berlin 1901.

4) Meyer, F. Andreas, Die städtische Verbrennungsanstalt für Abfallstoffe am Bullerdeich in Hamburg. Braunschweig 1901.

Digitized by Google

reinigung entstehenden **Klärschlammes** zu verbinden[1]). Schlamm und Müll sollen gemeinsam verbrannt werden, und die entstehende Schlacke soll dann als Material zum Füllen der für die Abwässerreinigung bestimmten Filter Verwendung finden. Auf diese Weise hofft man die Kosten für die Beschaffung geeigneten Filtermaterials, welche sich jetzt unter Umständen auf 20 M. für 1000 kg belaufen können, soweit zu verringern, dass sich durch diese Ersparnisse die Müllverbrennung ganz oder doch zu einem wesentlichen Theile bezahlt macht. Anderwärts sind Versuche, die Kohle durch Schlackenrückstände, welche bei der Leuchtgasfabrication entstehen, zu ersetzen, angestellt und angeblich befriedigend ausgefallen. Diese Rückstände wurden bislang als unverwerthbar kostenlos abgegeben; die Möglichkeit ihrer Verwendung als Kohleersatz bei der Müllverbrennung würde also in wirthschaftlicher Hinsicht als ein grosser Vortheil anzusehen sein.

Wenn derartige Verfahren sich auch hier und da als zweckmässig erweisen, woran wohl nicht zu zweifeln ist, so werden sie doch immer nur für diejenigen Städte in Betracht kommen können, in denen die nöthigen Vorbedingungen bezüglich des Klärschlammes und der Koksrückstände gegeben sind.

Trotz dieser wenig erfreulichen Erfahrungen hat die Technik den einmal eingeschlagenen Weg muthig weiter verfolgt, und bei ihrer hohen Entwicklung darf getrost abgewartet werden, ob es ihr nicht doch über kurz oder lang gelingen wird, einen wirklichen, in jeder Beziehung praktisch brauchbaren Erfolg auf dem Gebiete der Müllbeseitigung durch Feuer zu erzielen. Es würde aber falsch sein, zu glauben, dass sich auf diese Weise die Frage der Müllbeseitigung mit einem Schlage lösen liesse. Dieselbe ist viel zu complicirt, als dass sie überhaupt eine universelle, ein für allemal gültige Lösung finden könnte, und was von der Unschädlichmachung der Abwässer anerkanntermaassen gilt, das besteht nicht minder für die Beseitigung des Hausmülls zu Recht. Es wird, soweit sich bis jetzt übersehen lässt, kaum je ein Verfahren geben, welches sich selbst unter Anpassung an die jeweiligen örtlichen Verhältnisse überall mit dem gleichen Erfolge anwenden liesse.

Diese Thatsache wird übrigens von den Sachverständigen auch zugegeben, und man hat sich in Erkenntniss derselben hinsichtlich

---

1) **Barwise**, The bacterial purification of sewage. London 1901. — **Mairich**, Canalisirung der Stadt Beuthen O./S. II. Project. Gotha 1901.

der Regelung der Müllbeseitigung auf verschiedene Methoden geeinigt, von denen jede, an sich von den anderen durchaus verschieden, doch für den speciellen Fall ihre volle Berechtigung hat und zu dem gemeinsamen Ziele führt. Als solche Methoden sind u. a. auf dem X. internationalen Congress für Hygiene und Demographie in Paris 1900[1]) die landwirthschaftliche Verwerthung einerseits und die Verbrennung und Schmelzung anderseits bezeichnet worden, und zwar erstere mit dem ausdrücklichen Zusatze, dass sie überall dort anzustreben sei, wo sie ökonomisch möglich ist.

Es ist mit Freuden zu begrüssen, dass gerade diese Forderung so unzweideutig zum Ausdruck gebracht ist, denn die Verbrennung und Schmelzung mit ihren bestechenden hygienischen Vorzügen hat mit der Zeit zahlreiche Anhänger gefunden, welche sich jeder anderen Beseitigung des Hausmülls und hauptsächlich seiner landwirthschaftlichen Verwerthung systematisch widersetzen. Sie stellen die letztere als unhygienisch, unwirthschaftlich und überhaupt unzeitgemäss hin und empfehlen im Gegensatz dazu die Verbrennung oder Schmelzung als Verfahren, welche der landwirthschaftlichen Verwerthung in jeder Beziehung weit überlegen seien. Ein derartiges Verhalten verdient aber nach dem heutigen Stande der ganzen Angelegenheit eine entschiedene Zurückweisung, und mit Nachdruck muss hervorgehoben werden, dass eine planmässige landwirthschaftliche Verwerthung unter den momentanen Verhältnissen nicht mehr hygienische Gefahren in sich birgt, als die Vernichtung des Mülls durch Feuer.

Zum Verständniss dieser scheinbar paradoxen Behauptung bedarf es zunächst des Hinweises darauf, dass für die Beseitigung des Mülls zwei in sich abgeschlossene Phasen in Betracht kommen, nämlich erstens die Aufsammlung und Abfuhr und zweitens die Unschädlichmachung durch Vernichtung oder Verwerthung des gesammten Mülls oder einzelner Theile desselben. Der Schwerpunkt der sanitären Gefahren bei der Müllbeseitigung liegt in der ersten Phase, d. h. in dem Aufsammeln und Wegschaffen des Mülls. Wenn das Müll erst entsprechend weit aus der Nähe der Menschen entfernt ist, hat es den grössten Theil seines gefährlichen Charakters eingebüsst. Die erste Phase bleibt aber zunächst bei allen existirenden Verfahren gleichmässig bestehen; denn das Müll wird nach denselben

---

1) Weyl, Untersuchungen zur Strassenhygiene. Berlin 1900.

Digitized by Google

Abfuhrmethoden sowohl an den Verbrennungsofen, als auch auf den Acker geschafft. Also müssen auch bis dahin die hygienischen Gefahren bei beiden Beseitigungsarten dieselben sein.

Und selbst beim Uebergang von der ersten zur zweiten Phase kann von einer Ueberlegenheit der Verbrennung über die landwirthschaftliche Verwerthung noch keine Rede sein. Denn Niemand wird ernstlich behaupten wollen, dass die Arbeit des Mannes, der, auf dem Ofen stehend, das Gut nachstopft, hygienisch einwandfreier sei, als diejenige des Knechtes, der das Müll unterpflügt. Dieser arbeitet unter freiem Himmel bei ständig frischer Luftzufuhr, jener in bedecktem Raume bei schwüler Temperatur, eingehüllt in eine Wolke unappetitlichsten Staubes. Es wird eben immer übersehen, dass bei der Verbrennung das Müll, ehe es mit dem Feuer in Berührung kommt, ebenso durch viele Hände gehen muss, wie bei anderen Vernichtungsarten auch. Auf die Behebung dieses Mangels sollten die Verbrennungstechniker nicht in letzter Linie ihr Augenmerk richten.

Was nun die zweite Phase der Müllbeseitigung angeht, die in hygienischer Beziehung wie gesagt erst von secundärer Bedeutung ist, so muss bedingungslos zugegeben werden, dass die Vernichtung des Mülls durch Feuer eine raschere und gründlichere ist, als diejenige durch die zersetzenden Kräfte des Bodens. Aber anders verhält es sich mit der Beantwortung der Frage, ob nicht die Intensität der Zersetzung im Boden zur Erreichung des gesteckten Zieles genügt. Wenn das der Fall ist, dann ist die gründlichere Beseitigung durch Feuer unter Umständen überflüssig und wegen der bedeutend höheren Kosten nicht zu befürworten. Die endgültige Antwort auf diese Frage steht noch aus; doch deuten die Erfahrungen, die in analogen Fällen, nämlich mit den Rieselfeldern, gemacht sind, darauf hin, dass dieselbe schliesslich im bejahenden Sinne zu geben sein wird.

Man hat ja verschiedentlich versucht, die Rieselfelder als Seuchenherde zu verdächtigen, und ihnen nachgesagt, dass sie das Grundwasser verunreinigten und die Gesundheit der auf ihnen beschäftigten Arbeiter ernstlich gefährdeten. Der Nachweis für die Richtigkeit dieser Behauptungen ist aber niemals erbracht worden, und noch in dem vor einigen Monaten erschienenen Bericht der Deputation für die städtischen Kanalisationswerke und Rieselfelder zu Berlin für 1900[1])

1) Verwaltungs-Bericht des Magistrats zu Berlin für das Etatsjahr 1900. No. 41. S. 20.

Digitized by Google

wird von neun auf den Berliner Rieselfeldern vorgekommenen Typhusfällen gesagt, dass „irgend ein ersichtlicher Zusammenhang des Typhus mit Schädlichkeiten des Rieselbetriebes trotz sorgfältiger, in dieser Richtung angestellter Nachforschungen nicht ermittelt werden konnte.“ Eine von Weyl[1]) aufgestellte Statistik über die in den Jahren 1884 bis 1894 auf den Berliner Rieselfeldern und in der Stadt selbst vorgekommenen Typhusfälle ergiebt sogar, dass während dieser Zeit, in welcher in Berlin Typhus-Epidemien herrschten (1888—1889), die Mortalität in allen Lebensaltern in der Stadt grösser war als auf den Rieselfeldern. Virchow[2]) bestätigt diese Erscheinung nach Beobachtungen aus dem Jahre 1894—1895, und nach König[3]) wird Aehnliches aus England berichtet, wo es bis zum Jahre 1887 nicht gelungen war, entsprechende Erkrankungen auf den Einfluss der Rieselfelder zurückzuführen.

Nach diesen und vielen anderen Beobachtungen kann also die Behauptung, dass die Rieselfelder als eine Quelle hygienischer Gefahren anzusehen seien, nicht uneingeschränkt aufrecht erhalten werden. Wir dürfen im Gegentheil nach alledem, was wir über den von den Kleinlebewesen ständig geführten Kampf ums Dasein wissen, annehmen, dass die im Abwasser zweifellos vorkommenden pathogenen Keime von der weit grösseren Zahl der Saprophyten überwuchert und zu Grunde gerichtet werden.

Wenn aber die Richtigkeit der genannten Beobachtungen zugegeben werden muss, was berechtigt dann zu der Annahme, dass sich die Einwirkung des Bodens auf das Müll anders gestaltet? Es darf ja nicht verkannt werden, dass das Müll in Folge seines festen Aggregatzustandes den zersetzenden Einflüssen des Bodens nicht die günstige Angriffsfläche bietet, wie das Abwasser. Aber man hat es in der Hand, durch geeignete Unterbringung des Mülls die Lagerung der kleinsten Theilchen so zu beeinflussen, dass der Nachtheil des festen Aggregatzustandes gegenüber dem flüssigen genügend ausgeglichen wird. Die ganze Düngung mit Stallmist und anderen natürlichen oder künstlichen Düngemitteln beruht doch nur auf diesem Princip; sie müssen alle erst mehr oder minder, physikalisch

---

1) Weyl, Beeinflussen die Rieselfelder die öffentliche Gesundheit? Berlin, 1896.

2) In der Discussion zu obigem Vortrage.

3) König, Die Verunreinigung der Gewässer, II. Band, Berlin, 1899.

Digitized by Google

oder chemisch, umgewandelt werden, ehe die in ihnen enthaltenen Nährstoffe für die Pflanzen assimilirbar sind. Diese Umwandlung geschieht aber durch die zersetzenden Kräfte des Bodens, welche ihrerseits wieder unter dem Einflusse der Athmosphärilien stehen.

Es handelt sich also nur darum, bei der Müllbeseitigung die Erfahrungen des rationellen Düngens sich zu Nutze zu machen, um nicht nur einen wirthschaftlich guten, sondern vielmehr einen genügenden hygienischen Effect zu erzielen. Denn dass eine richtig ausgeführte Düngung keine ernsten gesundheitlichen Gefahren für die Landbewohner mit sich bringt, ist hinreichend bekannt. Man gelangt so nothwendigerweise zu der Forderung, das Müll im Interesse seiner hygienischen Beseitigung als Dünger, oder besser gesagt, als Meliorationsmittel für Böden, die sich in schlechtem Kulturzustande befinden, zu verwenden.

Als Dünger im handelsüblichen Sinne kann es nämlich nicht angesehen werden, da es zu geringe Mengen der einzelnen Nährstoffe enthält; aber unter den Meliorationsmitteln, welche die Bodenbeschaffenheit, namentlich die physikalische, im Allgemeinen verbessern sollen, nimmt es eine beachtenswerthe Stelle ein. Das beweisen die vielfachen erfolgreichen Versuche, die in der Litteratur erwähnt werden.[1]) Dieselben haben ergeben, dass das Müll sich besonders zur Verbesserung nasser, saurer und in Folge dessen wenig ertragreicher Wiesen eignet, weil es durch seine alkalische Beschaffenheit die überschüssige Säure abstumpft. Wasserlöcher und sonstige nasse Stellen haben sich durch Ausfüllen und Aufschütten mit Müll in fruchtbares Land verwandelt. Sandiger Boden schlechtester Bonität hat durch Meliorirung mit Hausmüll vornehmlich seine physikalische Beschaffenheit in der Weise verändert, dass die wasserhaltige Kraft und die Wärmekapacität desselben günstig beeinflusst wurden. Sogar für die Kultur von Spargel hat sich Berliner Hausmüll als geeignetes Material erwiesen.

Man sollte meinen, dass derartig günstige Erfahrungen geradezu eine Nachfrage nach diesem Meliorationsmittel hätten hervorrufen müssen. Dass dies nicht der Fall gewesen ist, beruht hauptsächlich auf zwei Gründen, d. s. erstens der auf dem Lande herrschende

---

1) Röhrecke a. a. O. — Arbeiten der Deutschen Landwirthschafts-Gesellschaft, Heft 11, Berlin, 1896. — Vogel, Die Beseitigung und Verwerthung des Hausmülls, Jena, 1897.

Leutemangel und zweitens eine Abneigung der Landwirthe gegen die sperrige Beschaffenheit des Mülls. Der erste Grund fällt insofern schwer ins Gewicht, als es sich bei der landwirthschaftlichen Verwerthung des Mülls im Gegensatz zu einer Düngung mit concentrirteren Düngemitteln immer um die Bewegung sehr grosser Massen handelt, welche einen beträchtlichen Aufwand an Arbeitskräften, Gespannen u. s. w. erfordert. Diesen Aufwand zu leisten, ist aber der Landwirth unter den gegebenen Verhältnissen in vielen Fällen nicht im Stande.

Der zweite Grund steht mit dem ersten in einem gewissen Zusammenhang. Das Müll enthält bekanntlich viele Sperrstoffe und Theile, die sich, wie Emaillewaaren, Eimer, Stein-, Porzellan- und Glasgefässe und dergl., im Boden nicht zersetzen und deshalb nach Ansicht der Landwirthe vorher sorgfältig ausgelesen werden müssten. Diese Arbeit vorzunehmen, liegt aber für den Landwirth meist ausserhalb des Bereiches der Möglichkeit. Die Gemeinden andererseits wollen sich, wiewohl die Unternehmer in den meisten Fällen dazu bereit wären, mit dem Sortiren des Mülls nicht einverstanden erklären, weil sie, und in vielen Fällen bei der jetzt üblichen Beseitigung mit Recht, hygienische Bedenken dagegen haben. Da die Landwirthe ihrerseits auf einer sorgfältigen Aussuchung der Sperrstoffe und auf der Lieferung von durchgesiebtem Feinmüll bestehen, so kann natürlich die landwirthschaftliche Verwendung nicht recht in Fluss kommen, und die Gemeinden fahren nunmehr das Müll wohl oder übel, so wie es ist, auf ausserhalb der Stadt gelegene Plätze, wo es sich allmählich zu respectablen Hügeln aufthürmt.

Röhrecke gebührt meines Wissens das Verdienst, durch systematische Versuche[1]) nachgewiesen zu haben, dass die oben erwähnte Forderung der Landwirthe, das Müll vor der Verwendung zu sortiren und zu sieben, keine praktische Berechtigung hat. Nach seinen Beobachtungen bedarf das Müll keineswegs dieser eingehenden Bearbeitung, um landwirthschaftlich verwerthbar zu sein. Auf einen an der Spree, dem Spandauer Berg bei Westend gegenüber gelegenen Wiesencomplex hat Röhrecke seit dem Jahre 1896 Hausmüll aufgefahren und auf demselben, nachdem nur die Oberfläche durch Abharken von Papier und gröbsten Sperrstoffen befreit war, Gras angesät. Die Vegetation war üppig, solange die Pflanzen flach wurzelten, ging aber zurück, sobald die Wurzeln in tiefere Bodenschichten gelangten. Der

1) Röhrecke, a. a. O.

Digitized by Google

Grund dafür ist meines Erachtens die hohe, durch die in dem Müll sich abspielenden Zersetzungsvorgänge verursachte Temperatur, welche ich selbst im Jahre 1898 bei Gelegenheit einiger im Auftrage der Deutschen Landwirthschafts-Gesellschaft vorgenommener Messungen an solchen Stellen der Röhrecke'schen Felder, auf denen das Müll erst seit wenigen Monaten lagerte, in 1 m Tiefe zu 37° C. festgestellt habe.

Nachdem sich die Grasnarbe gefestigt hatte, begann Röhrecke im Frühjahr 1897 mit der Herstellung regelrechter Gartenanlagen in der Weise, dass er das Müll 25 cm tief umgraben liess und dann mit Gartenfrüchten aller Art, wie Kohl verschiedenster Gattungen, Kohlrabi, Mohrrüben, Salat, Petersilie, Tomaten, Rhabarber, Gurken, Kürbis, Spargel u. s. w. bestellte. Auch Bäume wurden eingepflanzt, die Baumlöcher aber, damit die oben erwähnten hohen Temperaturen den Wurzeln nicht schadeten, vorher ausgehoben und mit Müll von der Oberfläche, welches den Zersetzungsprocess schon durchgemacht hatte, gefüllt. Bei diesen Versuchen zeigte sich, dass die hohen Temperaturen sich sehr nützlich für die Cultur solcher Pflanzen erwiesen, welche in Treibhäusern oder Mistbeeten gezogen zu werden pflegen.

Mit etlichen der auf diesem Müllhaufen geernteten Früchte habe ich in der damaligen Versuchsstation der Deutschen Landwirthschafts-Gesellschaft Kostproben vorgenommen, welche ein sehr günstiges Resultat ergaben. Junger Kohlrabi und neue Kartoffeln, die auf dem Hausmüll gewachsen waren, wurden allseitig als wohlschmeckend begutachtet und liessen in keiner Weise ihre Herkunft errathen.

Auch Ziersträucher und Blumen, sowie Feldfrüchte gediehen in befriedigendster Weise auf dem Müll, und hinsichtlich der letzteren wurde die Beobachtung gemacht, dass Roggen auf dem Hausmüll vollbesetzte Aehren mit gesundem, schwerem Korn hatte, während ganz in der Nähe am andern Ufer der Spree auf dem dort befindlichen Sandboden stehender Roggen in Folge der strengen Kälte des Winters 1900/01 sehr in der Entwicklung zurückgeblieben war.

Einige von den auf dem Hausmüll gewachsenen Erzeugnissen sind im Laboratorium der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, welche die Versuche aufmerksam verfolgt, untersucht worden und haben dabei theilweise eine günstigere Zusammensetzung gezeigt, als auf Ackerboden geerntete Früchte sie durchschnittlich aufweisen. Die Producte waren von

Digitized by Google

gutem Aussehen, nicht mit Parasiten behaftet und gesund, die Kohlköpfe von besonderer Festigkeit. Nichts in dem Aussehen oder in der Zusammensetzung der Früchte verrieth, dass sie auf blossem, mit Erde oder Düngmitteln nicht vermischten und weder gesiebten noch sortirten Hausmüll gewachsen waren. Die einzige Manipulation, welche mit dem Müll vorgenommen worden war, war diejenige des Abeggens der obenliegenden Sperrstoffe, Töpfe, Conservenbüchsen und Papierfetzen. Diese Stoffe wurden an den Rand des Feldes geeggt und als unterste Schicht der noch aufzufüllenden Theile des Geländes verwendet.

Mit dem Müll selbst waren bemerkenswerthe Veränderungen bezüglich seiner physikalischen und chemischen Beschaffenheit vorgegangen. Die Humificirung und Mineralisirung desselben wurde immer vollständiger, und schliesslich nahm es Aussehen, Farbe und Geruch einer normalen Gartenerde an. Dabei wurde die interessante Beobachtung gemacht, dass die Conservenbüchsen, gegen deren Vorhandensein im Müll sich die Landwirthe so energisch auflehnten, in etwa 6 Monaten so vollständig oxydirten, dass sie bei der Berührung zerfielen. Bedingung für dieses Verhalten des Mülls und seiner Bestandtheile ist seine zweckmässige, möglichst lockere Lagerung, welche den zersetzenden Kräften im lufthaltigen, lockeren Boden die erforderliche Einwirkung gestattet. Dementsprechend war jedes Festfahren mit schweren Fuhrwerken vermieden und das Müll nur mit ganz leichten Kippwagen einer Feldbahn, die möglichst oft verlegt wurde, allmählich bis zu einer Höhe von 4 m aufgefahren worden.

Als Röhrecke später durch eine Polizeiverordnung gezwungen wurde, das frische Müll mit einer etwa 5 cm starken Schicht Sand zu überfahren, ergab sich, dass die Erfüllung dieser Vorschrift das Abharken ersparte und vollständig ausreichte, dem Platz ein sauberes Aussehen zu geben, das Verwehen von Papier und Staub zu verhüten, das Vorkommen von Insecten und Ungeziefer zu unterdrücken und die nöthige Feuchtigkeit in den Stapeln zurückzuhalten. Kam dann aus irgend einem Grunde mal ein besonders sperriger Bestandtheil unter dem Sande zum Vorschein, so wurde er einfach bei Seite geworfen.

Aus diesen Versuchen ist die Lehre zu ziehen, dass es für die zweckmässige landwirthschaftliche Verwerthung des Mülls viel mehr auf seine Lagerung im Boden als auf die vorherige Zubereitung ankommt, sei es nun, dass es nur flach aufgetragen oder, wie es in Westend geschehen, meterhoch aufgehäuft wird. Wenn das Müll nicht

Digitized by Google

gleich untergepflügt wird, empfiehlt es sich, eine leichte Sand- oder Erdschicht überzudecken und die Oberfläche möglichst schnell mit Vegetation zu besiedeln, damit Staubverwehungen verhütet und dem Boden die fäulnissfähigen, den Pflanzen zur Nahrung dienenden Stoffe entzogen bezw. in ungefährliche, nicht mehr zur Fäulniss neigende Verbindungen übergeführt werden. Unter Umständen pflegen sich Müllberge übrigens selbst anzusamen, und die darauf wachsenden Pflanzen zeigen ein üppiges Aussehen. So fand ich im vorigen Jahre gelegentlich einer Besichtigung des Müllabladeplatzes der Stadt Berlin in Spreenhagen auf dem riesigen, nicht künstlich angesäten Müllstapel neben unzähligen Mengen von Gräsern und Unkraut, Zierkürbisse und grosse reife Tomaten, deren Geschmack sich als durchaus normal erwies.

In wie weit es erforderlich ist, neben dem Hausmüll den einen oder andern Kunstdünger zu geben, muss der Entscheidung im Einzelfalle vorbehalten bleiben: das Müll soll hauptsächlich die physikalische Beschaffenheit des Bodens verbessern und erst in zweiter Linie den Pflanzen direct als Nahrung dienen.

Von welcher Wichtigkeit die richtige Lagerung des Mülls ist, erweist eine zu Anfang dieses Jahres von der diesseitigen Anstalt ausgeführte Untersuchung des auf dem städtischen Müllabladeplatz III vor dem Stralauer Thore in Berlin lagernden ca. 5 m hohen und aus etwa 180000 cbm Masse bestehenden Müllhaufens. Der Platz war von Ende des Jahres 1887 bis Ende 1894 uneingeschränkt in Benutzung; von da an bis zum Jahre 1899 wurde nur vereinzelt zur Aushülfe Müll auf denselben aufgefahren. Die von dem Müllhaufen entnommenen Proben liessen deutlich drei Schichten unterscheiden, von denen die eine etwa von der Sohle bis ca. 2,50 m über derselben reichte. Die zweite Schicht lag zwischen 2,50 und 3,50 m über der Sohle; die dritte endlich reichte von da bis zur Oberfläche. Die unterste Schicht bestand aus sperrigem, wenig und ungleichmässig zersetztem, ganz schwarz aussehendem Material von eigenartigem, auf Zersetzungsvorgänge deutenden Geruche. Die oberste Schicht dagegen stellte eine gleichmässige, in normaler Verwesung begriffene, röthlich gefärbte und nach frischer Erde riechende Masse dar, in welcher Anzeichen von stinkender Fäulniss fehlten. Die dritte, zwischen den beiden beschriebenen liegende Schicht bildete gewissermaassen den Uebergang. Sie war schon ziemlich verwest, erinnerte aber in ihrem Aussehen und unangenehmen Geruch noch an die untere Schicht mit den darin sich abspielenden Fäulnissvorgängen.

Digitized by Google

Die verschiedene Beschaffenheit dieser drei Schichten lässt sich wohl am einfachsten dadurch erklären, dass in der oberen Schicht die Humificirung und Mineralisirung der organischen Substanz unter dem günstigen Einflusse der Athmosphärilien einen glatten Verlauf genommen hat. In der unteren dagegen haben sich diese Einflüsse dadurch, dass dieselbe beim Aufbringen der oberen Masse durch die üblichen schweren Fuhrwerke festgefahren wurde, nicht geltend machen können, und so war die Veranlassung zu dem Auftreten mehr oder weniger intensiver Fäulnissprocesse gegeben. In der dritten, mittleren Schicht gingen die genannten Erscheinungen theilweise in einander über, so dass sie sich in ihrem Aussehen und in ihrer Beschaffenheit sowohl der untersten als auch der obersten Schicht ähnlich verhalten musste.

Als ein Beweis für die Richtigkeit dieser Erklärung darf der Umstand angesehen werden, dass die im Laboratorium in offenen Flaschen aufbewahrten Proben aus der unteren Schicht allmählich in den der oberen eigenthümlichen Zustand übergegangen sind, dass dieser Vorgang aber unterbrochen wurde, sobald die Proben wieder fest zusammengedrückt und die Flaschen verschlossen wurden.

Es ist mir nicht bekannt geworden, ob derartige Beobachtungen auch an anderen Müllhaufen gemacht sind, z. B. am Scherbelberge in Leipzig, der zwar nicht ausschliesslich aus Hausmüll besteht, aber doch ein lehrreiches Beispiel dafür ist, wie sich die festen städtischen Abfallstoffe für Parkanlagen und gärtnerische Schmuckplätze verwerthen lassen. Ein Studium der in ihm stattfindenden Veränderungen würde vielleicht recht werthvolles Material ergeben. Zur Erlangung der Unterlagen für die wissenschaftliche Beurtheilung dieser Frage wird die Königliche Prüfungsanstalt auch weiterhin den in Müllstapeln und mit Müll gedüngten Aeckern sich abspielenden Zersetzungsvorgängen ihre Aufmerksamkeit widmen.

Die Nutzanwendung aus allen diesen Beobachtungen und Versuchen ist nun die, dass die Städte, solange die Vernichtung des Hausmülls durch Feuer u. s. w. nicht unzweideutige hygienische und wirthschaftliche Erfolge zu verzeichnen hat, sich veranlasst sehen müssen, der rationellen landwirthschaftlichen Verwendung des Hausmülls erneut ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden. Dieselbe kommt für die meisten Städte bis hinauf zu den grössten in Betracht, und gerade für Berlin sind schon verschiedene Projecte ausgearbeitet worden, welche die landwirthschaftliche Verwerthung des Hausmülls bezwecken und ausführbar erscheinen lassen. Sie haben die Melio-

rirung der im Havelluch zahlreich gelegenen, nassen und ertraglosen Ländereien, vornehmlich Wiesen im Auge. Diese Wiesen sind z. Th. alte, in früherer Zeit zur Gewinnung von Brennmaterial ausgetorfte Flächen von grosser Ausdehnung. Die sauren Gräser, die auf ihnen wachsen, sind in Folge der allmählich eingetretenen Versumpfung nur schwierig zu ernten und ausserdem als Futter kaum zu verwenden. Die oben erwähnten, mit Hausmüll auf Wiesen erzielten Erfolge berechtigen zu der Annahme, dass diese Flächen durch das Aufbringen des Mülls an landwirthschaftlichem und damit überhaupt an Werth bedeutend gewinnen werden, und selbst die in derartig sumpfigen Gegenden erfahrungsgemäss nicht immer befriedigenden gesundheitlichen Verhältnisse werden durch eine derartige Bodenverbesserung voraussichtlich in günstigem Sinne beeinflusst werden. Das aber kann der unfruchtbaren und spärlich besiedelten Gegend nur zum Segen gereichen.

Eines dieser Projecte stammt von Röhrecke, dem es gelungen ist, einen im Havelluch ansässigen Grossgrundbesitzer für die Sache derart zu interessiren, dass derselbe denjenigen Theil seiner Ländereien, welcher in seiner Beschaffenheit den vorgehenden Schilderungen entspricht, zur Verfügung gestellt hat[1]). Das Müll soll auf den Wiesen bis zu einer Höhe von 0,5 m, in den Torfstichen 1,5 m, oder nach Bedarf auch höher, aufgefahren und mit dem Dampfpflug untergebracht werden. Unter diesen Umständen würde der betr. Gutsbesitzer allein auf 20 Jahre hinaus die Müllmassen Berlins, die täglich durchschnittlich 1000000 kg ausmachen, auf seinen Ländereien aufnehmen können. Die Entfernung des in Aussicht genommenen Meliorationsgebietes von Berlin beträgt durchschnittlich etwa 30 km und bietet in Anbetracht des Umstandes, dass eine Haupteisenbahnlinie das Terrain durchquert, kein überwindliches Hinderniss.

Um diesem Plane das wünschenswerthe Gelingen zu sichern, sind natürlich bestimmte Vorbedingungen nöthig, die zu erwähnen schon deshalb nützlich erscheint, weil sie eine allgemeinere Bedeutung für die Müllbeseitigung überhaupt haben dürften.

Als erste dieser Vorbedingungen sind polizeiliche Vorschriften anzusehen, welche die geregelte Beseitigung der anfallenden Müllmassen unter allen Umständen gewährleisten. Die Wiederholung von Vorgängen, wie sie sich in Hamburg gelegentlich der Cholera-Epi-

---

1) Röhrecke, a. a. O.

Digitized by Google

demie im Jahre 1892 in der Weise abspielten, dass die um die Stadt wohnenden Landwirthe sich dem innerhalb ihrer Gemeindegrenzen beabsichtigten Abladen des aus dem verseuchten Weichbilde stammenden Hausmülls ebenso energisch wie erfolgreich widersetzten, muss von vornherein als ausgeschlossen betrachtet werden können. Die Wahl des Geländes ist thunlichst so zu treffen, dass die nächsten Wohnstätten nicht zu nahe an demselben liegen. Das ist ja bei der Meliorirung grosser Güter schon an sich kaum der Fall, aber auch da, wo solche nicht in Frage kommen, haben die Städte meistens ein geeignetes Terrain, welches ausserhalb der Peripherie und von menschlichen Ansiedelungen genügend entfernt liegt, zur Verfügung. Wo sie es nicht in Besitz haben, empfiehlt sich unter Umständen die Erwerbung, um so mehr, als sie in Folge der mit der Melioration verbundenen Werthsteigerung des Bodens als zweckmässige Kapitalsanlage angesehen werden kann.

Eine derartig sorgfältig geregelte Sicherstellung des ununterbrochenen Betriebes muss von der Sorge für die Innehaltung gewisser hygienischer Vorschriften, die sowohl im Interesse der mit dem Müll beschäftigten Arbeiter, als auch der den Abladeplätzen zunächst befindlichen Siedelungen liegen, begleitet sein. Mit der Erörterung dieser Vorschriften komme ich zu dem wichtigsten Theil der Müllbeseitigung, nämlich zu der die erste Phase derselben darstellenden Aufsammlung und Abfuhr des Mülls. Es wurde schon gesagt, dass hierin der Schwerpunkt der mit der Müllbeseitigung eventl. verbundenen sanitären Gefahren liege, und ich darf mir deshalb nicht versagen, diesen Punkt eingehend zu beleuchten.

Das Müll besteht im Allgemeinen aus Bestandtheilen dreierlei verschiedener Art,[1]) nämlich

1. Asche und Kehricht,
2. Abfällen animalischer und vegetabilischer Natur,
3. gewerblich verwerthbaren Abfällen.

Die erste dieser drei Gruppen setzt sich aus der Ofen- und Herdasche und aus dem Kehricht zusammen. Das bezügliche Material bildet eine feinkörnige, zum Verstäuben sehr geneigte Masse. Die Asche hat eine verschiedene Zusammensetzung, je nach dem Material, von welchem sie stammt und als welches Holz, Torf, Kohlen und

1) Röhrecke, a. a. O. — v. d. Linde, Die Müllfrage und ihre Lösung, Charlottenburg, 1902.

Digitized by Google

andere Heizmittel in Betracht kommen. Die Holzasche enthält[1]) durchschnittlich 3,0 pCt. Phosphorsäure und 8,0 pCt. Kali, d. h. so beachtenswerthe Mengen dieser Stoffe, dass sie mit Recht als ein brauchbares Düngemittel angesehen werden darf. Sie erfreut sich dementsprechend in den Gegenden, in denen sie in grösseren Mengen producirt wird, einer gewissen Beliebtheit bei den Bauern.

Erheblich weniger Pflanzennährstoffe enthält die Asche von Torf und Steinkohlen. Trotzdem aber sind diese Aschesorten als nützliche Mittel zur Verbesserung bestimmter Bodenarten anzusehen, und zwar wegen ihrer alkalischen Reaction besonders für saure Wiesen und dergleichen. Das Hausmüll wird selten die einzelnen Aschenarten in gleich grossen Mengen enthalten, vielmehr wird die eine oder andere Art stets überwiegen. In Süddeutschland, wo viel Holz gebrannt wird, dürfte die Holzasche im Uebergewicht sein, in den Steinkohlenbezirken und da, wo die Kohlen billig zu erhalten sind, die Steinkohlenasche, in den grossen Städten dagegen, zumal in denjenigen, in welchen die Steinkohlen viel Geld kosten, die Presskohlenasche. An landwirthschaftlichem Werthe dürfte die letztere der Steinkohlenasche etwa gleichzustellen sein, so dass sie für die landwirthschaftliche Verwerthung des Mülls wohl dieselbe Beachtung wie diese verdienen dürfte. Sie bereitet ja bei der Verbrennung des Mülls bis jetzt noch grosse Schwierigkeiten, da sie im Gegensatz zur Steinkohlenasche nahezu aller verbrennlichen Bestandtheile schon beraubt ist und dadurch die Verbrennung des Restes theilweise unmöglich macht.

Ausser diesen Aschen enthält die erste Gruppe den Kehricht des Hauses, d. h. Alles, was in den Zimmern und Korridoren, sowie auf den Treppen zusammengefegt ist. Als Bestandtheile dieses Kehrichtes kommen im Wesentlichen Staub und von der Strasse hereingetragener Schmutz in Betracht, ausserdem vereinzelt auch wohl Papierschnitzel, Streichhölzer und dergleichen Dinge, die anstatt in die dafür bestimmten Behälter hier und da einmal auf den Boden geworfen werden. Dieser Kehricht ist ebenfalls landwirthschaftlich gut verwendbar, aber, zumal wenn er aus Krankenzimmern stammt, nicht als ungefährlich anzusehen, da er aus denselben Krankheitserreger verschleppen kann.

Die zweite Gruppe der Bestandtheile des Hausmülls umfasst die animalischen und vegetabilischen Abfälle, d. h. die bei der Be-

1) Wolff, Aschenanalysen von land- und forstwirthschaftlichen Producten, Berlin, 1871/1880.

Digitized by Google

reitung der Speisen aus den Rohmaterialien abfallenden Bestandtheile, die beim Verzehren der Nahrung übrig bleibenden Reste und die etwa verdorbenen oder sonst zum Genuss untauglich gewordenen Nahrungsmittel. Das sind also die Schalen von Kartoffeln, Gurken, Obst, die Blätter von Salat, Kohl, Radieschen, ungeniessbar gewordenes Obst, verschimmeltes Brod, von den Mahlzeiten übrig gebliebene und im einzelnen Haushalte nicht mehr verwendbare Speisen, soweit sie nicht anderweitig verwerthet werden. Dass diese Abfälle verhältnissmässig reich an Nährstoffen sind, braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, und ein gut Theil der Düngerwirkung des Hausmülls ist gewiss auf ihr Vorhandensein zurückzuführen. Aber entsprechend ihrer organischen Natur gehen diese Reste äusserst leicht in stinkende Fäulniss mit allen ihren widerwärtigen Nebenerscheinungen über, und zwar um so schneller, je mehr sie schon der Zersetzung anheimgefallen waren, als sie dem Müll einverleibt wurden. Hierbei wirken schon in Zersetzung begriffene Bestandtheile inficirend auf noch gesunde und beeinträchtigen so deren Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die Fäulniss. Somit darf auch diese Gruppe als eine Quelle bedenklicher Unzuträglichkeiten angesehen werden.

Alle übrigen der Regel nach im Hausmüll vorkommenden Bestandtheile gehören zur dritten Gruppe: den gewerblich verwerthbaren Abfällen, welche in Folge ihres grossen Raumbedürfnisses bei verhältnissmässig geringem Gewicht auch „Sperrstoffe" genannt werden. Diese sind neben vielen anderen: Papier, Lumpen, Leder, Eisen, sonstige Metalle, Glas, Porzellan und werden repräsentirt durch: Zeitungen, Pappschachteln, Kleider, Wäsche, Schuhe und Stiefel, Nägel und Draht, Konservenbüchsen, Metalltöpfe und Eimer, Flaschen, Gläser, Porzellangefässe u. s. w. u. s. w. Berliner Müll[1]) enthält von diesen Bestandtheilen im Durchschnitt von 30 Fuhren 4,26 pCt. Papier, 1,15 pCt. Lumpen, 1,27 pCt. Glas, 6,10 pCt. Scherben, 0,78 pCt. Eisen und sonstige Metalle, also bei einer täglichen Production von 1 Million kg Hausmüll immerhin ganz respectable Posten. Ueber den Werth dieser Abfälle werde ich mich weiter unten auslassen. Für die Landwirthschaft kommen sie nicht in Betracht, und der Vernichtung durch Feuer setzen sie theilweise einen grossen Widerstand entgegen. Hygienisch sind sie im Allgemeinen als ungefährlich anzusehen, vor-

1) Bohm und Grohn, Die Müllverbrennungsversuche in Berlin. Berlin 1897.

ausgesetzt natürlich, dass sie vor ihrer Einverleibung in das Müll nicht mit Infectionskranken in Berührung gekommen sind.

Es ist klar, dass die Bestandtheile, welche die einzelnen Gruppen bilden, einen mehr oder weniger bemerkbaren Einfluss auf den Gesammtcharakter des Hausmülls ausüben müssen. Die erste Gruppe giebt dem Müll zunächst die alkalische Reaction, bedingt durch die gleiche Eigenschaft der zu dieser Gruppe gehörigen Asche. Letztere ist gleichzeitig die Hauptursache des bei der Bewegung des Mülls entstehenden und mit Recht gefürchteten unangenehmen und schädlichen Staubes. Derselbe ist namentlich gefährlich, wenn er mit im Kehricht etwa enthaltenen Krankheitserregern behaftet ist. Das ist leider öfter der Fall; denn nicht selten enthält der Kehricht eingetrocknete Sputa und mancherlei andere Abfälle aus Krankenzimmern. Mit Rücksicht darauf kann dieser Gruppe gegebenen Falles ein recht bedenklicher Charakter innewohnen, und grade dieser Umstand wird gewöhnlich für die Berechtigung der Forderung, das Müll durch Feuer zu vernichten, geltend gemacht.

Bedeutsamer aber für die unhygienische und das ästhetische Empfinden stark verletzende Beschaffenheit des Mülls sind die Componenten der zweiten Gruppe. Sie sind es, die dem Müll durch ihre grosse Fäulnissfähigkeit den ekelerregenden Gestank, der vielleicht noch unangenehmer empfunden wird als der Staub, verleihen. Durch ihre Gegenwart wird das ganze Müll eine dem Empfindungsvermögen widerliche, schwierig aufzubewahrende und ebenso schwierig zu transportirende Masse. Der dritten Gruppe angehörende Gegenstände werden, wiewohl sie an sich verhältnissmässig sauber in das Müll gelangen, durch diese Abfälle viel mehr unansehnlich und werthlos gemacht, als durch die Berührung mit der Asche und dem Kehricht. Papier z. B. wird fettig und schmierig, Lumpen nehmen den ekelhaften, nur schwer wieder verschwindenden Geruch der faulen Speisereste an, und Metalle beginnen in Folge der Feuchtigkeit sich zu oxydiren. Auch sind die Abfälle der zweiten Gruppe die Ursache der auf den Müllstapelplätzen so häufig auftretenden Ungezieferplage; grade die hygienisch sehr zu beachtenden Fliegen und Ratten führen in dem nahrhaften, bequeme Schlupfwinkel und Brutstätten bietenden Hausmüll von derartiger Zusammensetzung ein ungestörtes Dasein. Da ausserdem die Fäulniss durch die geschilderten Begleiterscheinungen (Geruchsbelästigungen u. s. w.) zu hygienischen Schädigungen

führen kann, so ist diese Gruppe wohl in jeder Hinsicht als die bedenklichste anzusehen.

Das Gegentheil gilt in der Regel von den Bestandtheilen, welche die dritte Gruppe ausmachen. Sie nehmen viel Raum ein, ohne das Gewicht des Hausmülls erheblich zu vermehren, und machen es dadurch sperrig, sodass 1 cbm desselben im frischen Zustande durchschnittlich nur 600 kg wiegt[1]). Diese Sperrigkeit und die wiederum damit zusammenhängende Compressionsfähigkeit bei entsprechendem Druck und Alter wird durch eine vom Director der Strassenreinigung der Stadt Berlin, Herrn Schlosky, der Königl. Prüfungsanstalt gemachte Angabe illustrirt, wonach 1 cbm des auf dem Abladeplatz am Stralauer Thor lagernden und weiter oben schon erwähnten Mülls im frischen Zustande 600 kg, alt und festgefahren dagegen 1300 kg wog.

Aus dem bisher Gesagten dürfte hervorgehen, dass das Hausmüll in seiner bisherigen Gestalt eine hygienisch nicht unbedenkliche Masse bildet, deren schnellste Entfernung aus der Nähe der menschlichen Wohnungen als eine der dringendsten kommunalen Aufgaben anzusehen ist. Wenn das Müll erst entsprechend weit fortgeschafft ist, dann lässt es sich schon auf die eine oder andere Weise endgültig unschädlich machen. Deshalb ist es von grösster Wichtigkeit, die Aufmerksamkeit auf eine zweckentsprechende Behandlung des Mülls während der Zeit von der Production bis zur Abfuhr zu richten und dem Hausmüll durch irgend welche Maassnahmen den gefährlichen Charakter von vornherein, d. h. noch vor der Abfuhr ganz oder zum Theil zu nehmen. Die letztere selbst rascher und hygienischer zu gestalten, als sie noch in vielen Städten üblich ist, kann keine endgültige Besserung schaffen. Für Berlin kommt dieser Umstand überhaupt nicht in Betracht; denn hier ist die Abfuhr durchaus auf der Höhe, und ich muss vorläufig Röhrecke Recht geben, wenn er einer von concessionirten Unternehmern nach den neuesten wissenschaftlichen und technischen Anschauungen besorgten, von der Polizei straff organisirten und scharf überwachten Müllabfuhr das Wort redet[2]). Es ist nicht ohne weiteres einzusehen, warum in derart geordnete Verhältnisse die Stadt plötzlich eingreifen soll; wenigstens kann ich mir davon erhebliche Vortheile unter den bestehenden Verhältnissen nicht

---

1) Röhrecke, a. a. O.
2) Röhrecke, a. a. O.

Digitized by Google

versprechen. Das schliesst natürlich nicht aus, dass ich die Behauptung, die Abfuhr des Mülls sei Sache der Stadt[1]), im Princip als richtig anerkenne.

Die Hilfe ist also wo anders zu suchen, und eine neuerdings mehr in Fluss gerathene Bewegung, deren Anfänge schon weiter zurückliegen, scheint uns einen gangbaren Weg zu zeigen. Wenn man sich über die Zusammensetzung des Mülls und über den Einfluss, den seine einzelnen Componenten auf seinen Gesammtcharakter ausüben, klar geworden ist, so hat man es doch in der Hand, den letzteren durch Veränderung der Zusammensetzung zu beeinflussen. Die Speisereste sind derjenige Bestandtheil, der an der augenblicklichen missständigen Beschaffenheit des Hausmülls die Hauptschuld trägt; und wenn man sie gesondert sammelt, so wird das Müll ein wesentlich anderes Aussehen erhalten. Hat man diesen Schritt gewagt und durch den Erfolg als richtig erkannt, so kommt man zum nächsten, nämlich jede der drei Gruppen für sich zu sammeln.

Es ist eigentlich zu verwundern, dass diese so nahe liegende Idee nicht schon viel früher energisch verfolgt worden ist, da sie dem bekannten Princip, ein auszurottendes Uebel an der Wurzel anzugreifen, doch am meisten entspricht. Aber ich gehe wohl nicht fehl, wenn ich annehme, dass die Furcht vor der bekannten Indolenz unserer Dienstboten, auf deren Mitwirkung man dabei angewiesen ist, immer wieder von ihrer Durchführung abgeschreckt hat.

Um so erfreulicher ist es, dass man in der jüngsten Zeit den Versuch gemacht hat, diesem Verfahren im Grossen bei uns Eingang zu verschaffen. Die Charlottenburger Abfuhrgesellschaft betreibt das Verfahren in Charlottenburg und Berlin in einer grösseren Anzahl Häuser unter dem Namen „Separations-System". Wie weit ihr die New-Yorker nach diesem Verfahren eingerichtete Müllbeseitigung vorbildlich gewesen ist, habe ich nicht ermittelt, aber ich habe mich von der durchdachten und zweckmässigen Anordnung der von der Gesellschaft getroffenen Einrichtungen persönlich überzeugen können und den Eindruck gewonnen, dass dieses Verfahren die Beachtung weiterer Kreise verdient, um so mehr, als es alle auf die Beseitigung des Mülls gerichteten Bestrebungen in gleicher Weise tangirt.

Die Gesellschaft sammelt das Müll schon in den Haushaltungen gesondert und hat zu dem Zwecke einen hölzernen Kasten von ge-

---

1) Weyl, Untersuchungen zur Strassenhygiene. Berlin 1900.

fälligem Aussehen construirt, der in der Küche aufgestellt wird und entsprechend den drei Gruppen drei Sammelgefässe enthält, die so angeordnet sind, dass sie für den ordnungsmässigen Gebrauch leicht zur Hand sind, zum Missbrauch dagegen nicht verleiten. Für die Anordnung dieser Behälter ist zunächst die Erkenntniss massgebend gewesen, dass Asche und Kehricht, die Bestandtheile der ersten Gruppe, im Haushalte nur Morgens anfallen, wenn die Oefen geleert und die Zimmer gereinigt werden. Der entsprechende Behälter ist infolge dessen, da er nur einmal am Tage gebraucht wird, an der am wenigsten leicht zugängigen Stelle angebracht, um die Dienstboten nicht in Versuchung zu bringen, ihn tagsüber noch einmal fälschlich in Benutzung zu nehmen. Die im Laufe des Tages producirten Abgänge der zweiten und dritten Gruppe sind viel bequemer, und ohne dass man sich bücken müsste, in die für sie bestimmten und oberhalb dieses Kehrichteimers angebrachten Sammelbehälter zu werfen. Diese sind ein verzinktes viereckiges Eisengefäss zur Aufnahme der Speisereste und ein Sack für die Sperrstoffe. Ein Zerschneiden des Sackes durch Glasscherben und dergl. ist erfahrungsgemäss nicht zu befürchten, da sein Inhalt keinem Druck ausgesetzt ist. Die Entleerung der drei Sammelgefässe, deren Grössenverhältnisse ihrer Bestimmung möglichst angepasst sind, und die dem Auge durch die an dem Holzkasten angebrachten Deckel entzogen sind, geschieht nach Bedarf, d. h. für Asche und Kehricht sowie für die Speisereste täglich mindestens einmal, für die Sperrstoffe erst, wenn der Sack gefüllt ist, da in Anbetracht seines ungefährlichen Inhaltes Belästigungen nicht zu befürchten sind.

Dem Einwand, dass derartige Sammelgefässe oder auch nur die Miethe dafür für die ärmeren Bevölkerungsschichten unerschwinglich seien, ist leicht zu begegnen. Diese Klassen kommen für die Aufstellung eines solchen Kastens garnicht in Betracht, weil sie erwiesenermaassen Bestandtheile der 2. und 3. Gruppe so gut wie garnicht produciren. Sie pflegen ihre Nahrung so gründlich zu verzehren, dass Reste, wie sie in den wohlhabenderen Haushaltungen gewöhnlich vorkommen, bei ihnen unbekannt sind. Knochen und dergl. verwerthen sie selbst durch Verkauf an umherziehende Händler, Abfälle von den Rohmateralien, wie Kartoffelschalen, Salatblätter und dergl. trocknen sie gewöhnlich ein wenig und benutzen sie dann sparsamerweise als Feuerungsmaterial. Dasselbe gilt von Zeitungs- und anderem Papier, soweit dasselbe nicht für anderweitigen Gebrauch aufgehoben wird. Somit produciren diese Haushaltungen im Wesentlichen nur Kehricht

Digitized by Google

und Asche, und es genügt für sie der übliche in jedem Haushalt befindliche Mülleimer.

Entsprechend den Sammelbehältern in der Küche, befinden sich nun auf dem Hofe der hierfür in Betracht kommenden Häuser drei grosse Sammelgefässe, von denen das eine zur Aufnahme von Asche und Kehricht, das zweite zur Aufnahme der Speisereste und das dritte zur Aufnahme der Sperrstoffe dient. Die Speisereste werden täglich abgeholt und in der Abfuhranstalt gleich nach der Ankunft durch Kochen oder Dämpfen zu Mastfutter für Schweine verarbeitet. Diese Art der Verwendung ist ja nicht neu; fast alle grösseren Betriebe, wie Kasernen, öffentliche Speiseanstalten, Restaurants u. s. w., pflegen ihre Speisereste an Mästereien zum Zwecke der Verfütterung an Schweine zu verkaufen, da man mit diesem Futter recht günstige Erfahrungen gemacht hat.

Diese Verwendungsart der Speisereste trägt natürlich viel dazu bei, das Separations-System rentabel zu machen, und es wäre wünschenswerth, dass auch die bislang anderweitig vergebenen Reste aus den genannten Anstalten nur an die Unternehmer einer derartigen Abfuhr abgegeben würden. Diese Maassnahme wird zur hygienischen Nothwendigkeit, wenn als erwiesen angenommen werden darf, dass die Speisereste von den Producenten bezw. von den Käufern nicht so verwerthet werden, dass sanitäre Gefahren ausgeschlossen sind. In diesem Falle hat der Unternehmer die Abfuhr zu besorgen, weil sich bei ihm der Verbleib der Reste leichter controliren lässt, als bei den einzelnen Käufern, zumal wenn ihm die Unschädlichmachung der genannten Reste nach dem weiter unten noch zu schildernden Arnold-Process oder einem ähnlichen Verfahren zur Pflicht gemacht wird. Die Erörterung etwaiger juristischer Bedenken gegen diese das Eigenthumsrecht berührende Forderung liegt ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit. Vom hygienischen Standpunkt aus ist der Einwand v. d. Linde's gerechtfertigt, dass man längst daran gewöhnt sei, von Gewerbebetrieben die Beseitigung ihrer Abwässer, also ihrer flüssigen Abfallstoffe nach einwandfreien Methoden mit den nachdrücklichsten Mitteln zu erzwingen, und nun folgerichtig auch das Recht habe, von einem Restaurant, das doch auch einen Gewerbebetrieb vorstelle, im Interesse der Gesammtheit eine einwandfreie Beseitigung seiner festen Abfallstoffe, d. h. der Speisereste zu fordern. Während der Krebssaison z. B. kann man thatsächlich auf den Höfen einzelner Restaurants unwürdige Zustände finden.

Digitized by Google

Härten werden sich hier um so eher vermeiden lassen, als die Abfuhrgesellschaften unter Umständen angehalten werden könnten, für den Erwerb dieser Bestandtheile die Abfuhr unentgeltlich zu besorgen, oder gar noch etwas dafür zu bezahlen. Hat doch z. B. die Charlottenburger Abfuhrgesellschaft die Portiers in den Häusern, in welchen sie ihre Systeme eingerichtet hat, freiwillig in der Weise auf Tantième gestellt, dass sie denselben für die Beaufsichtigung der Sammelgefässe und die Geltendmachung eines günstigen Einflusses auf die Dienstboten für ca. 25 kg Sperrstoffe 15 Pf. bezahlt. Augenblicklich macht diese Tantième eine Summe von monatlich mehr als 3000 M. aus[1].

Gerade dieser Umstand scheint die Wirthschaftlichkeit dieses Systems zu beweisen. Lange Zeit ist man über den Werth der die dritte Gruppe bildenden Abfälle im Zweifel gewesen. Gewöhnlich wurde derselbe nur sehr gering angeschlagen, und als ich mich gelegentlich einer Besichtigung des Müllstapelplatzes in Spreenhagen bei einigen dort ihr Gewerbe ausübenden „Naturforschern“ nach dem Segen ihres Fleisses erkundigte, wurde mir als Erlös für die von einer mehrköpfigen Familie aussortirten Gegenstände eine lächerlich geringe Summe genannt. Ich bin nicht geneigt, diese Auskunft für baare Münze zu nehmen, aber selbst wenn ich die Summe mit einem „Sicherheitsfactor“, der hier sehr angebracht scheint, multiplicire, bleibt das Product minimal. Der Umstand, dass der die Abfuhr nach Spreenhagen besorgende Unternehmer eine mit immerhin nicht ganz geringen Mitteln erbaute Sortirungsanlage wieder ausser Betrieb gesetzt hatte und auf das Sortiren verzichtete, gab den Aussagen dieser Leute einen gewissen wahrscheinlichen Hintergrund. Auch die Angaben, die Röhrecke über die Müllverwerthungsanstalt in Pucheim bei München macht[2], lassen Zweifel über die Rentabilität der Hausmüllsortirung wohl aufkommen.

Im Gegensatz dazu giebt v. d. Linde den Werth von 50 kg der Sperrstoffe mit ca. 1,50 M. an[3], und ich habe mich durch Einsicht in die Bücher der Charlottenburger Abfuhrgesellschaft davon überzeugen dürfen, dass thatsächlich als Erlös aus verkauften Sperrstoffen recht beachtenswerthe Summen gebucht waren. Eine Besich-

1) v. d. Linde, a. a. O.
2) Röhrecke, a. a. O.
3) v. d. Linde, a. a. O.

Digitized by Google

tigung der im vollen Betriebe befindlichen Sortirungsanstalt belehrte mich dann, dass die Erklärung für diese günstige Verwerthung in den durch das Separations-System bedingten Verbesserungen und Vereinfachungen zu suchen ist.

Zunächst sind die Sperrstoffe nicht wie in dem Müll der bisherigen Art durch Speisereste und dergl. verunreinigt und zum Theil unbrauchbar gemacht, sondern erheblich sauberer. Zeitungspapier z. B. repräsentirt sich durchschnittlich in derjenigen Beschaffenheit, welche es durch Aufbewahren in einem Winkel der Wohnung naturgemäss anzunehmen pflegt, d. h. es ist nur mehr oder weniger bestaubt, ohne im Uebrigen verunreinigt zu sein. Dasselbe gilt von Stoffresten, Lumpen und Aehnlichem.

Dann aber stellen die nach dem Separationssystem gesammelten Sperrstoffe eine viel concentrirtere Masse dar, als die auf die frühere Art gewonnenen. Sie machen erfahrungsgemäss etwa 12 pCt. der Summe sämmtlicher Bestandtheile der drei Gruppen des Mülls aus, und um diese 12 pCt. zu gewinnen, mussten bislang die übrigen 88 pCt., d. h. die mehr als siebenfache — wie schon gesagt, theilweise ekelhaft schmutzige — Menge, mit bewegt und sortirt werden. Der Nachtheil dieser alten Arbeitsweise gegenüber der neuen hinsichtlich der unverhältnissmässigen Mehrbelastung von Maschinen und Arbeitskräften liegt auf der Hand.

Die Sortirung geschah zu der Zeit, als ich die Anstalt in Augenschein nahm, mit der Hand in der Weise, dass Papier und Lumpen für Papierfabriken gesammelt wurden. Conservenbüchsen wurden eingestampft, um in Fabriken galvanisch entzinnt und dann als Roheisen an Hochofenwerke verkauft zu werden. Das hierbei gewonnene Zinn soll allein schon den Verarbeitungsprocess bezahlt machen, sodass der Erlös für das verkaufte Eisen als Reingewinn anzusehen ist. Glas und Scherben gehen zum Einschmelzen an Glashütten, noch brauchbare Flaschen werden an Händler, alte, noch zum Tragen geeignete Schuhe an Schuhmacher, Leder und Knochen an Düngerfabriken verkauft u. s. w. Die sonst gewöhnlichen Belästigungen durch Staub oder Geruch habe ich trotz der bei der Besichtigung gerade herrschenden hohen Temperatur nicht empfunden und auch keine Fliegenplage oder Ratten bemerkt.

Gegen die geübte Art der Wiederverwendung einzelner Bestandtheile lässt sich allerdings manches einwenden. So ist der zum Zwecke der Wiederbenutzung bethätigte Verkauf, z. B. gebrauchter Flaschen

oder getragener Fussbekleidung, so verbreitet er auch, namentlich durch das Gewerbe der die Strassen durchziehenden Trödler und Lumpensammler sein mag, abgesehen von allen ästhetischen Momenten mit hygienischen Grundsätzen deshalb wenig vereinbar, weil keine Garantie geboten ist, dass diese Gegenstände vor der erneuten Ingebrauchnahme gehörig gereinigt werden. Doch liesse sich dem vielleicht dadurch abhelfen, dass dieselben schon vor dem Verkauf in der Sortirungsanstalt unter Controle ordentlich gesäubert und je nach Umständen auch desinficirt werden.

Zweckentsprechender erscheint allerdings eine planmässige Desinfection der Sperrstoffe überhaupt noch vor der Sortirung; und wenn sie auch sehr schwer durchführbar erscheint, so wird sie schliesslich doch um so weniger zu umgehen sein, als man wohl noch eine Zeit lang auf das Sortiren mit der Hand angewiesen sein dürfte. Sie wird aller Wahrscheinlichkeit nach bei dem nach dem Separationssystem gewonnenen Material leichter und sicherer auszuführen sein, als bei dem nach alter Methode gesammelten.

Wenn sich dann noch gut wirkende Vorrichtungen zur Abführung des unvermeidbaren Staubes aus den Arbeitsräumen, sowie solche für die Zuführung frischer Luft zu der Ausrüstung der Sortirungsanstalten gesellen, so dürfte damit zunächst den unerlässlichsten Anforderungen in hygienischer Beziehung entsprochen sein. Es muss aber immer das Bestreben bleiben, die von Menschenhand geleistete Arbeit aus diesem Betriebe möglichst auszuschalten und thunlichst überall Maschinen anzuwenden. Man darf zu unserer modernen Technik das Vertrauen haben, dass sie die ihr gestellte Aufgabe, für die hygienisch einwandfreie Sortirung geeignete maschinelle Einrichtungen zu construiren, zufriedenstellend lösen wird. Voraussetzung ist dabei allerdings, dass sich das Verfahren nicht nur hygienisch zulässig, sondern auch wirthschaftlich rentabel erweisen wird. In letzterer Hinsicht lässt sich über das neue Verfahren ein abschliessendes Urtheil noch nicht fällen, sondern es müssen erst die Betriebsergebnisse der in der Einrichtung begriffenen, maschinell zu betreibenden Sortirungsanstalt der Charlottenburger Abfuhrgesellschaft und event. noch einiger anderer abgewartet werden.

Während so die Sperrstoffe mit der Sortirung, die Speisereste mit der Verarbeitung zu Schweinefutter in die zweite Phase der Beseitigung, nämlich diejenige der Unschädlichmachung durch Verwerthung eintreten, fällt dieser Zeitpunkt bei den Bestandtheilen der ersten

Digitized by Google

Gruppe, Asche und Kehricht, mit dem Moment zusammen, in welchem sie als Meliorationsmittel für minderwerthige Böden Verwendung finden. Sie würden etwa dem heute schon von der Landwirthschaft bevorzugten Feinmüll entsprechen und in derselben Weise angewendet werden können, wie es im Havelluch beabsichtigt ist. Die betreffenden Projecte würden also ihre Bedeutung nicht verlieren, auch wenn entgegen der ursprünglichen Absicht Röhrecke's eine Sortirung nach dem Charlottenburger Separationssystem voraufgeht. Ob letztere sich einbürgern wird oder nicht, ist, da bei Anwendung der angedeuteten Vorsichtsmaassregeln die hygienischen Bedenken sich beseitigen lassen, wie schon gesagt, hauptsächlich eine Frage der Rentabilität, die theoretisch nicht beantwortet werden kann. Da aber im einen wie im andern Falle die Einrichtungen für die landwirthschaftliche Verwerthung nahezu dieselben bleiben, so sollen zum Schlusse noch die wesentlichsten Gesichtspunkte erläutert werden, nach denen sich diese Art der Unschädlichmachung etwa zu gestalten haben würde.

In seinem diesbezüglichen Projecte hat Röhrecke schon sehr beachtenswerthe und ausführliche Vorschläge gemacht[1]), auf welche ich hier ausdrücklich verweisen will. Danach soll das Müll unter Anwendung der für Berlin schon concessionirten Methoden nach drei Verladehallen gebracht werden, die in verschiedenen Stadttheilen der Hauptstadt mit Gleisanschluss an Güterbahnhöfe zu errichten wären. Von hier aus werden die Müllmassen nach dem Orte der Verwendung, d. h. also nach dem im Havelluch in Aussicht genommenen Gute geschafft. Die Aufsammlung und die Abfuhr nach den Verladehallen sowie das Verladegeschäft selbst sollen bis spätestens 1 Uhr Mittags beendet sein. Dieser Zeitpunkt scheint mir allerdings der äusserst zulässige und ein noch früherer Termin der Beendigung aller dieser Arbeiten aus Gründen, die Röhrecke selbst eingehend erörtert, dringend wünschenswerth zu sein. Die angefahrenen Massen dürfen an dem Orte, an welchem sie landwirthschaftlich verwerthet werden sollen, nicht etwa aufgehäuft werden, sondern sie sind so schnell, als es die Umstände irgend erlauben, ihrer definitiven Verwendung zuzuführen.

Die weitere Verarbeitung des nach dem Separationssystem gesammelten Mülls darf erst am Verwendungsort erfolgen und zwar in der Weise, dass grundsätzlich nichts in den Verkehr zurück-

1) Röhrecke, a. a. O.

Digitized by Google

gelangt, was nicht vorher zur Verhütung etwaiger Uebertragung von Krankheitskeimen entsprechend behandelt (desinficirt) ist. Beim Sortiren mit der Hand ist die Desinfection vor der Verarbeitung vorzunehmen; bei der Verwendung von Maschinen dürfte es unter Umständen genügen, die zur Wiederverwendung bestimmten Gegenstände erst nach dem Auslesen der Keimfreimachung zu unterziehen. Den Arbeiter-Wohlfahrtseinrichtungen an der Verarbeitungsstätte ist die grösste Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Ueber die Art der Desinfection lässt sich kaum etwas Bestimmtes sagen; es wird von Fall zu Fall entschieden werden müssen, ob Dampf- oder chemische Desinfection am zweckmässigsten anzuwenden ist. Speisereste können schon durch die Art der Verarbeitung sterilisirt werden, wenn man als letztere den Arnold-Process oder eine verwandte Methode wählt. Der genannte Process[1]) besteht darin, dass die Reste in Behältern, welche um ihre Achse drehbar sind, ca. 7 Stunden lang mit Wasserdampf von 4—5 Atm. Spannung behandelt werden. Das dabei sich ausscheidende Fett wird als solches verkauft und der feste Rückstand nach dem Trocknen als Dünger verwendet. Dieses in New-York angewendete und dort allerdings infolge mangelhafter Einrichtungen nicht tadellos functionirende Verfahren ähnelt sehr den bei uns üblichen Methoden der Kadaververnichtung, sodass der Gedanke nahe liegt, letztere mit der Beseitigung der Speisereste zu verbinden, zumal beide Processe den gleichen Nebenzweck, nämlich die Production von Schweinefutter verfolgen.

Eine derartige gemeinsame Verarbeitung hätte den Vortheil, dass die Abdeckereien ebenfalls an den Platz der Müllverwerthung verlegt werden könnten und damit aus dem Bereiche der Stadt selbst endlich verschwänden. Das Hinausschaffen der Kadaver kann keine nennenswerthen Schwierigkeiten bereiten, weil dieselben gleichzeitig mit dem Müll verfrachtet werden können.

Ueberhaupt erscheint es zweckmässig, da doch grössere Einrichtungen zum Verladen und Löschen getroffen werden müssen, mit dem Hausmüll gemeinsam, aber je nach Beschaffenheit in getrennten Behältern, alle übrigen festen Abfallstoffe, als Strassenkehricht, Klärschlamm, Rückstände aus den Gullies und den Sandfängen der Kanalisation, resp. Tonnen-, Kübel- und Grubenfäkalien aus der Stadt zu schaffen und soweit angängig auch gemeinsam mit demselben zu ver-

1) Röhrecke, a. a. O.

Digitized by Google

werthen. Auf diese Weise ist die schärfste Controle über den Verbleib aller dieser Dinge am leichtesten möglich, und gleichzeitig lassen sich so am ehesten die Kosten für die Beseitigung ohne Gefährdung der hygienischen Interessen herabsetzen.

Röhrecke berechnet[1]), dass die Betriebskosten die Summe von 3 M. für 1 t Müll nicht überschreiten werden. Um wieviel diese Summe sich noch verringert, wenn nach dem Separationssystem gesammeltes Müll verarbeitet und verwerthet wird, lässt sich schwer sagen. Nach den bisherigen Ergebnissen des Versuchsbetriebes der Charlottenburger Abfuhrgesellschaft darf aber wohl angenommen werden, dass eine Verringerung thatsächlich eintreten wird.

Mit diesen Preisen kann natürlich die Schmelzung, welche für 1 t Müll 17 Mark kostet[2]), überhaupt nicht concurriren. Aber auch die Verbrennung des Mülls ist nicht billiger als seine landwirthschaftliche Verwerthung, und ausserdem ist sie vorläufig noch mit viel mehr Umständen verknüpft. Bei den in Berlin angestellten Müllverbrennungsversuchen[3]) betrugen die Kosten für die Verbrennung von 1 t unbehandeltem Müll 3,40 M., von ebensoviel aschefreiem Müll 2,14 M. und von demselben Quantum gesiebtem Müll, d. h. von solchem, welches von der unverbrennlichen Asche vorher durch Siebung befreit war, 2,10 M.

Danach kostet also die Verbrennung des unbehandelten Mülls, d. h. der gesammten Masse, so wie sie anfällt, an sich schon mehr, und dann bleiben dabei noch Rückstände, für die sich in Berlin[4]) — und so wird es vielerorts sein — keine Verwendung gefunden hat. Da dieselben ca. 50 pCt. der ursprünglichen Müllmassen betragen, so können sie allmählich zu solchen Mengen anwachsen, dass ihre Beseitigung, wiewohl nicht die hygienischen Bedenken wie beim frischen Müll vorliegen, doch erhebliche Geldopfer erfordern und so eine wirthschaftliche Kalamität entstehen kann.

Die Beseitigung von gesiebtem Müll wird praktisch kaum in Frage kommen, weil die durch die Verbrennung gewonnenen hygienischen Vortheile durch die Siebung illusorisch gemacht würden; denn selbstverständlich würden die im Müll etwa vorhandenen und nun

1) Röhrecke, a. a. O.

2) Bohm und Grohn, Bericht über die Versuche der Müllschmelze (Patent Wegener). Berlin 1901.

3) Bohm und Grohn, Die Müllverbrennungsversuche in Berlin. Berlin 1897.

4) Bohm und Grohn, a. a. O.

Digitized by Google

theilweise an der Asche haftenden Krankheitskeime mit durch das Sieb gehen und so in dem unverbrannten Rückstand bleiben können. Dadurch, dass dieser an Masse nicht unbedeutende Rest und ebenso die bei der Gewinnung des aschefreien Mülls für sich gesammelte Asche dann noch in hygienisch einwandfreier Weise beseitigt werden müssen, werden natürlich wieder neue Kosten von nicht unbeträchtlicher Höhe entstehen. Und schliesslich wird diese Beseitigung doch wieder auf eine landwirthschaftliche Verwerthung hinauslaufen, sodass es gewiss logischer erscheint, letztere gleich von vornherein als alleinige Beseitigungsart für alle diejenigen Bestandtheile des Mülls, die nicht anders verwerthbar sind, ins Auge zu fassen.

Wenn ich mich in dem Gesagten nachzuweisen bemüht habe, dass der Verbrennung des Mülls, wenigstens unter Verhältnissen, wie sie in Berlin und Charlottenburg bestehen, ein Vorzug vor seiner landwirthschaftlichen Verwerthung augenblicklich nicht zuerkannt werden kann, so will ich damit durchaus nicht etwa die Vernichtung des Mülls durch Feuer in Misskredit bringen, sondern nur der fälschlich viel angefeindeten Methode der landwirthschaftlichen Verwerthung zu ihrem Rechte verhelfen. Sie kann natürlich kein Universalverfahren für alle Verhältnisse sein, und es wird Fälle geben, in denen die zweckmässig ausgebaute Methode der Vernichtung des Mülls durch Feuer sich als nutzbringender erweist; aber für viele Städte wird sie noch auf Jahre hinaus, mehr oder weniger modificirt, das beste und vielleicht einzig empfehlenswerthe Verfahren zur Beseitigung des Hausmülls sein. Deshalb schien es mir angezeigt, die Frage der Möglichkeit ihrer einwandfreien Durchführung selbst unter complicirteren Verhältnissen an dem Beispiele einer Weltstadt wie Berlin zu erörtern.

6.

Ueber die Verarbeitung der Rückstände aus der Schmutzwasser-Reinigungsanlage der Stadt Cassel.

Von

Höpfner,
Stadtbaurath.

Dr. **Paulmann**,
Vorstand des städt. Untersuchungsamtes.

In den Mittheilungen über die Einrichtung und den Betrieb der Schmutzwasser-Reinigungsanlage der Stadt Cassel, die in den Supplementsheften der Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen vom Jahre 1900 (S. 130 u. ff.) und 1901 (S. XVI u. ff.) enthalten sind, ist wiederholt darauf hingewiesen worden, auf welche Schwierigkeiten die Weiterbehandlung und endgültige Unterbringung der durch die Reinigung der Schmutzwässer entstehenden Rückstände gestossen ist, und nach welcher Richtung hin Versuche gemacht worden sind, um diese Schwierigkeiten zu überwinden.

Da diese Angelegenheit in Cassel jetzt zu einem gewissen Abschlusse gekommen ist, so dürfte es vielleicht im Interesse weiterer Kreise liegen, über die Entwicklung, die diese mit der Abwässerreinigung verbundene schwierige Frage hier durchlaufen hat, im Allgemeinen und über das von dem verstorbenen Dr. Degener angegebene Verfahren zur Verwerthung der Rückstände, wie es jetzt in Cassel zum ersten Male angewendet wird, im Besonderen zu berichten.

Die im Frühjahr 1898 in Betrieb genommene Casseler Kläranlage bezweckt lediglich eine mechanische Reinigung der Abwässer, und es fliessen ihr gegenwärtig, nachdem inzwischen auch der rechts der Fulda gelegene Stadttheil canalisirt und mittelst eines Dükers an das linksseitige Canalnetz angeschlossen worden ist, die die Fäkalien einer Bevölkerung von etwa 110 000 Köpfen enthaltenden Schmutzwässer des ganzen Stadtgebietes zu.

Digitized by Google

Von vornherein war es klar, dass bei der Weiterbehandlung der durch die Klärung zu erwartenden Rückstände das Hauptaugenmerk darauf gerichtet werden müsse, das in diesen Rückständen enthaltene Wasser wenigstens so weit zu entfernen, als nöthig ist, um eine stichfeste und auf gewöhnlichen Landfuhrwerken transportfähige Masse zu erhalten. Es wurden daher beim Bau der Anlage drainirte Kiesfilter angelegt, auf welche die Rückstände aus den Klärbecken gebracht werden sollten, in der Annahme, dass das Wasser sich von den festen Stoffen abscheiden und diese stichfest zurücklassen würde. Diese Annahme erwies sich indessen nicht als zutreffend. Das Wasser, das etwa 90 pCt. der Rückstände ausmacht, ist mit diesen so innig verbunden, dass eine Abscheidung auf diesem Wege nicht zu erreichen war. Die Filter waren, nachdem sie kurze Zeit die Schmutzwässer ohne jeden sichtbaren Reinigungseffect hindurchgelassen hatten, bald vollständig verstopft, und es dauerte Monate lang, bis der dann noch aufgepumpte Schlamm einigermaassen stichfest wurde.

Abgesehen von diesem Verhalten der Rückstände zeigte sich aber noch ein weiterer Uebelstand dadurch, dass die Nachbarschaft in erheblichem Maasse durch die sich entwickelnden Fäulnissgase belästigt wurde und deshalb gegen den Weiterbetrieb der Anlage energisch Protest erhob.

Da der Betrieb selbstverständlich nicht eingestellt werden durfte, galt es daher, für eine anderweite Behandlung der täglich neu entstehenden Rückstände und die Beseitigung der vorhandenen Vorsorge zu treffen.

Die vorhandenen, in stinkender Fäulniss begriffenen Massen wollte natürlich weder ein Landwirth noch ein Gärtner abholen; es wurden daher auf dem Gelände der Anstalt Gräben ausgehoben, der Schlamm in diese eingebracht und mit der ausgehobenen Erde überdeckt. So wirksam dieses Verfahren an sich auch sein mochte, so konnte es doch nur als ein Nothbehelf angesehen werden, da genügendes Gelände, um es auf die Dauer durchzuführen, nicht zur Verfügung stand.

Die Erfahrung, dass der Strassenkehricht allenthalben und auch in Cassel von der Landwirthschaft gern als Dünger verwendet wird, und die Erwägung, dass dieser Dünger durch die Zumischung der Rückstände der Kläranlage keinesfalls in seiner Qualität verschlechtert werden würde, führten dann dazu, eine Vermischung beider Stoffe zu versuchen, um den Rückständen der Schmutzwassermengen mehr Consistenz zu geben und sie transportfähig zu machen. Dies gelang

Digitized by Google

auch; es wurden aus Strassenkehricht Dämme aufgeworfen und so Becken gebildet, in welche die Rückstände direct hineingedrückt wurden. Indem nun von allen Seiten her nach und nach Strassenkehricht eingebracht wurde, verlor die Mischung durch Verdunstung in etwa einem halben Jahre die Hälfte des Wassers und nahm eine Beschaffenheit an, die ihren Transport auf Landfuhrwerken zuliess. In diesem Zustand belästigt sie auch nicht mehr durch Gestank; sie zeigt vielmehr einen Geruch wie compostirte Gartenerde. Wohl aber traten noch Geruchsbelästigungen bei Entleerung der Klärbecken und bei dem Austritt der frischen Massen in die Schlammlager auf, und zur Beseitigung dieses Uebelstandes erwies sich als bestes Mittel gelöschter Kalk, der in Mehlform sowohl in das zu entleerende Klärbecken als auch auf die frisch in das Schlammbecken gelangenden Massen gestreut wird. Dass sich nach der Behandlung der Rückstände mit gelöschtem Kalk auch die früher beobachtete Fliegenplage verlor, mag ebenfalls eine Wirkung des Kalkes sein.

Bemerkt sei übrigens noch, dass, nachdem mit dem 1. April 1901 die Strassenreinigung von der Stadt übernommen worden war, anderweite Dispositionen es nicht mehr thunlich erscheinen liessen, die ganze Menge des Strassenkehrichts zur Compostirung der Klärrückstände zu verwenden. Gleichwohl ist es durch Anwendung von Kalk allein gelungen, die Geruchsbelästigungen so vollständig zu beseitigen, dass Klagen hierüber in den letzten Jahren selbst in den heissesten Sommermonaten nicht mehr erhoben worden sind. Der Kalk bildet eine feste Haut über den Schlammbecken, die das Austreten der Gase verhindert; es dauert aber natürlich bei diesem Verfahren etwas länger, bis die Massen stichfest werden.

Es gelang also auf die geschilderte Art und Weise, die Belästigungen der Nachbarschaft zu beseitigen und die Rückstände in eine Form zu bringen, die für den Transport geeignet und für die landwirthschaftliche Benutzung bequem ist; dies tritt ein, wenn der Wassergehalt etwa noch 40—45 pCt. der Masse beträgt. Da aber die Landwirthschaft den Dünger nur abnimmt, wenn sie ihn ihren Betriebsverhältnissen entsprechend direct verwenden kann, und ausserdem damit gerechnet werden musste, dass es einer gewissen Zeit bedürfen würde, um die Landwirthe an die Verwendung dieses neuen Düngers zu gewöhnen, musste Vorsorge getroffen werden, grössere Mengen davon lagern zu können. Dies geschah durch Erwerb eines

Digitized by Google

grossen Geländes an der östlichen Grenze des Grundstückes der Kläranlage.

Aber die Erwartung, dass die Landwirthschaft den Dünger in der ihr dargebotenen bequemen Form abnehmen würde, erfüllte sich zunächst nur in geringem Maasse, obgleich die mit ihm angestellten Düngungsversuche günstige Ergebnisse erzielten. Es gewann also den Anschein, als ob ein Beharrungszustand, in welchem die Abnahme mit der Production gleichen Schritt hält, nicht eintreten würde; und dies war die Veranlassung, auf eine Aenderung des Verfahrens in der Behandlung der Rückstände, so befriedigend es auch an und für sich war, Bedacht zu nehmen.

Versuche, die Landwirthschaftskammer für die Sache zu interessiren und dem Dünger durch Wassertransport ein weiteres Verwendungsgebiet zu schaffen, führten ebensowenig zu einem Ergebniss, wie die Verhandlungen mit einem Landwirth, der in der Nähe ein grosses Gut bewirthschaftet, wegen continuirlicher Abfuhr der Rückstände. Dieser war zwar hierzu bereit, stellte aber mit Rücksicht auf die Nothwendigkeit, seinen ganzen Betrieb entsprechend umzuändern, so hohe Forderungen, dass hieran das Zustandekommen eines Vertrages scheiterte.

Auch Versuche, den Rückständen durch einfaches Pressen noch mehr Wasser zu entziehen, als dies durch Compostirung und Verdunstung geschieht, schlugen fehl, sei es nun, dass die Rückstände in unveränderter Form, oder mit Strassenkehricht, Kalk und Torfmull vermischt, in die Presse kamen.

So standen die Verhältnisse im Frühjahr 1900; und wenn das zur Auflagerung des Compostdüngers verfügbare Gelände auch noch eine Reihe von Jahren ausgereicht haben würde, so war doch bei dem geringen Interesse, welches die Landwirthschaft der Sache damals entgegenbrachte, vorauszusehen, dass aus der Schlammcalamität nach und nach eine Düngercalamität werden würde. Und da man, obwohl wesentliche Uebelstände mit dem geübten Verfahren nicht verbunden waren, dennoch nicht leugnen kann, dass die Anhäufung so grosser Düngermassen in der Nähe menschlicher Wohnstätten nicht unbedenklich erscheint, so wurde die Verlegung der Schlammlager ernstlich in Erwägung gezogen.

Um aber Nichts unversucht zu lassen, um den für die Zukunft zu erwartenden Uebelständen vorzubeugen und die letzterwähnte sehr

Digitized by Google

kostspielige Maassregel zu vermeiden, setzte sich die städtische Verwaltung mit dem inzwischen leider verstorbenen Dr. Degener in Verbindung, und ein glücklicher Zufall wollte es, dass dieser gerade zu jener Zeit sein Verfahren, die Rückstände aus Kläranlagen durch Entziehung von Fett zu verwerthen, fertig ausgearbeitet hatte. Degener hatte ein erklärliches Interesse daran, sein Verfahren baldigst in grossen Verhältnissen angewendet zu sehen; und so kam sehr rasch ein Vertrag zwischen der Stadt Cassel und ihm zustande, in den später die Casseler Maschinenbau-Aktiengesellschaft, vormals Beck u. Henkel eingetreten ist, die die erforderlichen Patente erwarb und sofort ans Werk ging, die nothwendigen Anlagen auszuführen.

Nach mühevollen und kostspieligen Versuchen ist es der genannten Firma gelungen, das Verfahren so auszubilden, dass es seinen Zwecken vollkommen entspricht, und so werden denn seit dem 1. März d. Js. die sich in der Casseler Schmutzwasserreinigungs-Anlage ergebenden Rückstände mit geringen Ausnahmen nicht mehr auf den Schlammlagern zu Compostdünger, sondern in der Klärschlammverwerthungs-Anstalt auf Fett und Kunstdünger verarbeitet.

Ehe auf diesen Gegenstand näher eingegangen wird, sei noch erwähnt, dass inzwischen auch die Landwirthschaft mehr Neigung zeigt, den Compostdünger zu verwenden, wie dies aus nachstehender Tabelle

Betriebsjahr	Klärrückstände mit rot. 90 pCt. Wasser cbm	Kehrichtzusatz cbm	Compostdünger: hergestellt cbm	Compostdünger: abgegeben cbm
1. April 1899 bis 31. März 1900	11 400	4840	10 810	3040
1. April 1900 bis 31. März 1901	12 335	5156	11 931	5037
1. April 1901 bis 31. März 1902	16 876	1723	13 005	8976

hervorgeht, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass der zunächst verschmähte Dünger um so lebhafter begehrt werden wird, je weniger die Möglichkeit vorhanden ist, das Begehren zu erfüllen.

Wenden wir uns nun zur näheren Darstellung des Degenerschen Verfahrens zur Verarbeitung der Rückstände, so ist zunächst zu erwähnen, dass der zwischen der Stadt Cassel und der Casseler Maschinenbau-Aktiengesellschaft, vorm. Beck u. Henkel bestehende Vertrag folgende hier interessirende Bestimmungen enthält:

Digitized by Google

Die Firma ist verpflichtet, die Klärrückstände in der Menge und Beschaffenheit abzunehmen, wie sie ihr von der Stadt zugeführt werden, und so zu verarbeiten und zu entfernen, dass für die Stadt endgültig jede weitere Sorge für deren Beseitigung fortfällt. Die Anlage, in der die Verarbeitung stattfindet, steht unter der Aufsicht der Stadt, und die Firma leistet dafür Gewähr, dass die Verarbeitung und Entfernung des Schlamms und der in der Anlage erzeugten Producte geruchlos geschieht und diese Producte nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft hygienisch einwandfrei sind. Ausserdem hat die Firma die Stadt in allen Fällen zu vertreten, in denen Schadenersatzansprüche an sie erhoben werden sollten und ihr nach bestimmten Sätzen einen Antheil an dem etwa zu erzielenden Gewinn zu gewähren. — Fügen wir noch hinzu, dass dieser Vertrag auf 20 Jahre abgeschlossen worden ist, so ergiebt sich, dass die Stadt Cassel keinerlei Risico übernommen hat und formell auf eine lange Reihe von Jahren einer grossen Sorge enthoben ist. Es braucht aber wohl nicht besonders betont zu werden, dass es nur möglich war, einen derartigen Vertrag mit Dr. Degener abzuschliessen, weil dieser erstens das grösste Vertrauen in den Erfolg seiner Erfindung setzte und zweitens sein Verfahren so bald wie möglich angewendet sehen wollte.

Dass die Firma Beck u. Henkel mit einer anderen Stadt gleiche oder ähnliche Verträge abzuschliessen geneigt sein sollte, muss nach den hinsichtlich der Anlage- und Betriebskosten bisher gemachten Erfahrungen als fraglich bezeichnet werden.

Was nun die Verwerthung der Rückstände anbetrifft, so ist nach dem heutigen Stande der Sache folgendes zu berichten.

Die Casseler Kläranlage besitzt keinerlei Vorrichtungen, um die dem Schmutzwasser mechanisch beigemengten Stoffe, wie Lumpen, Holztheile und ähnliche Massen während ihres Aufenthaltes in der Anlage zu entfernen, und es gelangen alle diese Theile mit in die Schlammverwerthungsanlage.

Die Verarbeitung der Schlammmassen in dieser Anlage löst sich in folgende einzelne Processe auf:

1. Befreiung des Schlammes von Lumpen, Holztheilen etc.

2. Mischung des Schlammes mit einer hinreichenden Menge Schwefelsäure.

3. Erhitzen der Schlammschwefelsäuremischung in Montejus auf circa 100° C.

Digitized by Google

4. Abpressen der erhitzten Massen in Filterpressen.

5. Zerkleinern und Trocknen der gewonnenen Presskuchen.

6. Entfetten der getrockneten Presskuchen durch Benzol.

7. Befreiung der ausgezogenen Fettmassen sowie der entfetteten Rückstände von Benzol.

8. Nachtrocknen der Rückstände.

9. Destillation des erhaltenen Fettes.

Die Schlammmassen, welche sich in den Becken der Kläranlage absetzen, werden mit einem Wassergehalte von ungefähr 90 pCt. der neuen Anlage zugeführt. Im Anfange geschah dieses dadurch, dass der von dem auf der Kläranlage befindlichen Vakuumkessel angesogene Schlamm nicht mehr nach den Schlammbecken, sondern direct in 16 hölzerne Kästen von je ungefähr 10 cbm Inhalt gedrückt wurde, in denen dann die Mischung mit Schwefelsäure durch Rührwerke vorgenommen wurde. Infolge des Einbringens der gesammten Schlammmasse ohne vorhergehende Befreiung von groben Verunreinigungen, wie Lumpen, Holztheilen etc. kam es häufig zu Verstopfungen der Pressen; man versuchte deshalb diese Verunreinigungen durch Abfangen in Sieben, welche zwischen die später zu erwähnenden Montejus und Pressen eingebaut wurden, zu entfernen. Infolge der sehr schnellen Verstopfung dieser Siebe erwies sich diese Reinigungsmethode jedoch als unbrauchbar, und man ging dazu über, diese Gegenstände vor dem Eintritt in die hölzernen Sammelbehälter zu entfernen. Zu diesem Zwecke wurde vor den hölzernen Sammelbehältern ein Kasten eingebaut, in dem sich zwei entgegengesetzt laufende, mit langen Stacheln besetzte Walzenrechen befanden, die die festen Stoffe zurückhielten und an anderen an den Wandungen sitzenden Stacheln abstreiften. Der so gereinigte Schlamm fliesst von hier in die hölzernen Sammelbehälter. Während man nun im Anfange geplant hatte, in diesen deshalb aus Holz construirten Sammelbehältern die Mischung des Schlammes mit der Schwefelsäure vorzunehmen, kam man bald zu der Ueberzeugung, dass diese Mischung sich nur sehr unvollkommen, schwierig und kostspielig in diesen Kästen vornehmen liess, und stellte daher unterhalb der hölzernen Sammelbehälter einen besonderen Mischkessel auf, in den der Schlamm selbstthätig einfloss und nun mit einer genau berechneten Menge Schwefelsäure durch ein Rührwerk gemischt wurde. Die 16 hölzernen Sammelbehälter stehen zu je 8 und 8 hintereinander, und es sind der grösseren Einfachheit wegen die Zwischenwände zwischen 8 Behältern

Digitized by Google

herausgenommen, sodass jetzt anstatt der früheren 16 kleineren Sammelbehälter nur noch 2 grosse Behälter vorhanden sind. Die zuzusetzende Schwefelsäure ist je nach der Art und Beschaffenheit der Rückstände genau zu bemessen, um die Zersetzung der Seifen, wie auch die Coagulirung der Eiweissstoffe vollständig zu bewirken, ohne dass durch einen Ueberschuss die Apparate angegriffen werden.

Von dem Mischkessel aus wird die Schlamm-Schwefelsäuremischung in die inwendig verbleiten Montejus von ungefähr je 3 cbm Inhalt in der Weise überführt, dass diese Montejus zunächst durch eine im Maschinenraum aufgestellte Luftpumpe luftleer gemacht und dann mit dem Mischkessel in Verbindung gesetzt werden, um die Mischung anzusaugen.

Von diesen Montejus sind drei aufgestellt, welche sich bei der Arbeit regelmässig ablösen, sodass stets, wenn der eine Montejus luftleer gemacht wird und Schlamm ansaugt, der Inhalt des zweiten durch Wasserdampf auf 100° C. erhitzt, und aus dem dritten der erhitzte Schlamm durch Druck nach den Pressen überführt wird. Zur Ueberführung dieser Schlammmassen aus den Montejus nach den im Oberstock der Anlage stehenden Filterpressen dient eine eiserne Rohrleitung, welche ungefähr $2\frac{1}{2}$ m über den Filterpressen endet, sodass nun von da aus der Schlamm durch eigenes Gefälle mit gelindem Drucke in die Pressen eintreten kann. Im Anfange wurde der Schlamm direct durch die Druckluft in die Pressen mit starkem Drucke eingepresst; da sich jedoch hierbei sehr häufig durch Verstopfungen Betriebsstörungen einstellten, so wurde die Füllung der Pressen nach der oben angeführten Art und Weise umgeändert und hierdurch die Zahl der Verstopfungen der Pressen bedeutend vermindert. Was nun die Art der Pressen anbetrifft, so handelt es sich hier um die bei Kläranlagen aller Art üblichen Filterpressen, bei denen die Trennung des Wassers vom Schlamme durch zwischen Holzrahmen aufgespannte Filtertücher vor sich geht. Das abfliessende Presswasser, welches keine freie Schwefelsäure mehr enthalten darf, wird von den unter den Abflusshähnen angebrachten Rinnen durch eine Rohrleitung nach einer Kalkgrube geführt, um die in diesem Wasser reichlich enthaltenen freien organischen Säuren zu neutralisiren. Von dieser Grube aus fliesst dann das neutralisirte Presswasser zu einer weiteren Reinigung in die Kläranlage zurück. Um die Presskuchen aus den Pressen möglichst trocken zu erhalten, leitet man durch die gefüllten Pressen zum Schlusse heissen Dampf

oder heisse Luft. Die Pressen werden dann geöffnet, und die Presskuchen fallen direct in auf dem Mittelboden stehende Kippwagen und werden in diesen nach einem Mahlwerk gefahren, von dem aus sie dann nach der Zerkleinerung direct durch eine Transportschnecke nach dem grossen Trockenapparat überführt werden. Dieser Trockenapparat besteht aus zwei, in zwei Abtheilungen übereinander liegenden, entgegengesetzt laufenden Transportschnecken, welche von einem mit Dampf geheizten Blechmantel umgeben sind. In Folge dieser Anordnung kommen die getrockneten Massen unterhalb des Eintrittspunktes wieder aus dem Apparate heraus und fallen in eine Transportschnecke, welche sie nach dem Paternosterwerke führt, durch das sie nach der im hinteren Theile des Mittelbodens liegenden Einfüllöffnung des Extractors gelangen. Dieser Extractor ist ein nach dem Soxhlet'schen Princip eingerichteter, aufrecht stehender Kessel, der einen äusseren und einen inneren Raum besitzt, welche durch eine an der Aussenseite des Kessels befindliche Rohrleitung derartig mit einander in Verbindung stehen, dass diese Rohrleitung am tiefsten Punkte des inneren Raumes beginnt, sich dann nach oben hin, etwa bis zu $^5/_6$ der Höhe des inneren Kessels, fortsetzt, dort umbiegt, glatt nach unten läuft und unterhalb der Ausmündungsstelle aus dem inneren Raum in den äusseren eintritt. Ferner befindet sich an dem Extractor noch an dem tiefsten Theile des inneren Raumes eine dicht verschliessbare Oeffnung, aus der die vom Fett befreite Masse herausgeholt wird. In den inneren Raum wird nun durch die bereits vorhin erwähnte, im Mittelboden befindliche Einfüllöffnung des Extractors das vorher zerkleinerte und getrocknete Pressgut eingefüllt. Der innere Raum fasst circa $6^1/_2$ cbm Substanz. Unweit der Einfüllöffnung befindet sich ein grösserer Behälter für Benzol und über demselben ein Kühler. Sobald nun der innere Raum des Extractors vollständig mit dem Pressgut angefüllt ist, wird die Einfüllöffnung dicht verschlossen und aus dem Benzolbehälter so lange Benzol auf die Masse gelassen, bis dasselbe durch den vorhin beschriebenen an der Aussenwandung des Kessels befindlichen Heber selbstthätig übergezogen wird. Durch eingeleiteten Dampf wird das Benzol dann abgetrieben, in dem über dem Benzolbehälter befindlichen Kühler verdichtet und durch eine Rohrleitung wieder auf die zu erschöpfende Masse im inneren Raume gebracht, aus der es das Fett auszieht und nach vollständiger Füllung des inneren Raumes wieder durch den Heber in den äusseren Raum schafft. Wenn die Masse in dieser Weise fünf Mal

ausgezogen ist, so wird das Ablaufrohr des Kühlers nach dem Benzolbehälter umgeschaltet, um das Benzol für die nächste Extraction wieder zu verwenden. Um die noch in der erschöpften Presskuchenmasse befindlichen Benzolreste wieder zu gewinnen, wird in die Masse direct Wasserdampf eingeblasen, infolge dessen allerdings auch die Rückstände 80—100 pCt. Wasser aufnehmen. Es ist der ausführenden Firma deshalb schon von uns vorgeschlagen, an Stelle des Wasserdampfes heisse Luft und statt des bisher verwendeten, erst bei mehr als 85° C. siedenden Benzols den schon bei 46—50° siedenden Schwefelkohlenstoff anzuwenden. Die entsprechenden Versuche werden jedenfalls in nächster Zeit ausgeführt werden, da hierdurch eine grosse Ersparniss an Material und Zeit zu erwarten ist. Die Benzolverluste sind in letzter Zeit auf unter $^1/_2$ pCt. zurückgegangen. Die vom Fett befreite Düngermasse, welche in diesem Stadium circa 40—50 pCt. Wasser enthält, wird dann durch die am unteren Theile des inneren Kessels angebrachte bereits vorhin erwähnte Thür entfernt und nun noch einige Tage offen in dünner Schicht liegen gelassen, um ihr noch etwas Wasser zu entziehen.

In letzter Zeit sind diese Rückstände häufig auch noch einmal durch den Trockenapparat geschickt worden, um den Wassergehalt noch mehr und schneller zu verringern, da die feuchten Massen bei längerer Aufbewahrung Neigung zur Selbsterhitzung zeigten.

Die hierbei gewonnenen Rückstände sind in ihrer Zusammensetzung äusserst verschieden, und es liegt dies zum grössten Theil daran, dass in die letzten Becken der Kläranlage nur die leichteren Stoffe gelangen, während sich in den vorderen Becken die grössten Mengen des Sandes, der nicht besonders aufgefangen wird, ablagern.

Die Zusammensetzung des Kunstdüngers schwankt im Wassergehalt zwischen 10,18 und 50,62 pCt.

In der **wasserfreien** Substanz finden sich:

Stickstoff	2,35—5,90 pCt.
Fett	0,71—5,89 „
Phosphorsäure	0,41—1,12 „
Kali	0,03—0,15 „

Die Presskuchen enthielten vor der Trocknung 28,60—50,01 pCt. Wasser. Der Wassergehalt geht durch das Trocknen bis auf 20,25 pCt. zurück.

In der wasserfreien Trockensubstanz der noch nicht extrahirten Presskuchen fanden sich:

Digitized by Google

Fett 11,43—26,00 pCt.,

im Durchschnitt des ersten Betriebshalbjahres 18,36 pCt.

Die Ausbeute an Fett aus der Trockensubstanz schwankt von

8,16—25,00 pCt.;

im Durchschnitt des ersten Betriebshalbjahres ergaben sich 15,16 pCt. Fett.

Hierbei muss erwähnt werden, dass auch alle diejenigen Zahlen mit berücksichtigt worden sind, die im Anfange der Versuche erhalten wurden, als die Firma gerade bei der Extraction noch mit den grössten Schwierigkeiten zu kämpfen hatte. Es war nämlich der Firma von dem Lieferanten des Extractionsapparates zugesichert worden, dass selbst bei der Verwendung eines Materiales mit 50 pCt. Wassergehalt und bei Anwendung von Benzol nach 5maliger Extraction das Fett fast vollständig ausgezogen sein würde. Trotzdem von uns bereits von vornherein darauf hingewiesen worden war, dass eine derartige Erschöpfung bei einem Wassergehalte der Presskuchen von 40—50 pCt. bei so kurzer Extractionsdauer unmöglich erschiene, wurden durch diese Versuche Monate verloren.

Die neueren Resultate stellen sich, da ein Vortrocknen der Masse vor der Extraction stattfindet, bedeutend günstiger und sind als vollkommen befriedigend zu bezeichnen.

Durch eine am Boden des Extractors befindliche Rohrleitung wird aus dem äusseren Kessel das sich darin befindende Gemisch aus Fett und Wasser in einen davor liegenden Kessel abgelassen, in welchem sich das Wasser vom Fette unter gelindem Erwärmen trennt. Durch eine weitere Rohrleitung wird alsdann das Fett nach dem Fettdestillationskessel gesogen und hier durch Erwärmen zunächst vom Wasser vollends befreit und dann mit überhitztem Dampfe überdestillirt. Hierzu sind in einem besonderen Raume zwei Feuerungen angebracht, von denen die eine den Fettdestillationskessel erwärmt, während in der anderen der nöthige Dampf überhitzt wird. Der Kühler für das Fett, sowie die beiden Auffangkessel liegen in demselben Raume, wie der Extractor. Durch die Verwendung von zwei Kesseln als Vorlage ist es möglich, das zunächst übergehende reinere Fett von der dunkleren Fraction zu trennen. Das Rohfett sieht schwarz aus, während bei der Destillation ein helles, gelblich gefärbtes Fett, sowie zum Schlusse auch ein bräunliches Fett erhalten wird. Als Rückstand verbleibt eine theerartige Masse (Goudron).

Die Zusammensetzung der Fette ist eine schwankende. Das

Digitized by Google

entwässerte Rohfett enthält noch ungefähr 3 pCt. Wasser. Das destillirte Fett zeigte folgende Eigenschaften:

Schmelzpunkt	40,2° C.,			
Erstarrungspunkt	39,0° C.,			
Verseifungszahl	199,36 = 356	ccm Norm.	KOH	auf 100 g Fett,
Säurezahl	194,43 = 347,2	„	„	„ 100 g „
Esterzahl	4,93 = 8,8	„	„	„ 100 g „
Reichert-Meissl-Wollny	2,93,			
Hehner'sche Zahl	93,84,			
unverseifbare Substanz	1,20 pCt.			

Die abgeschiedenen freien Fettsäuren ergaben:

Schmelzpunkt	40,87° C.,
Erstarrungspunkt	39,50° C.,
Jodzahl	45,67.

Zur Inbetriebsetzung der Anlage befindet sich im Kesselhause

1 Röhrenkessel von 79 qm Heizfläche,
1 Schlangenrohrkessel von 27 qm Heizfläche;

im Maschinenhause befindet sich

1 35 P.-S. Dampfmaschine,
1 Compressor,
1 Vacuumpumpe,
1 Dampfpumpe,
1 Transmissionspumpe,
1 Accumulator,
1 Dynamomaschine.

Beschäftigt sind in der Anlage 16 Mann, und zwar je 8 am Tage und 8 bei Nacht.

Im Laufe des Betriebes dieser Versuchsanlage haben sich manche Verbesserungen als wünschenswerth herausgestellt, die zu dem hier vorliegenden Entwurfe des Baues einer Klärschlammverwerthungsanlage, welche die jährlich mit ca. 15000 cbm angenommene Schlammproduction einer Stadt von 100000 Einwohnern verarbeiten soll, geführt haben.

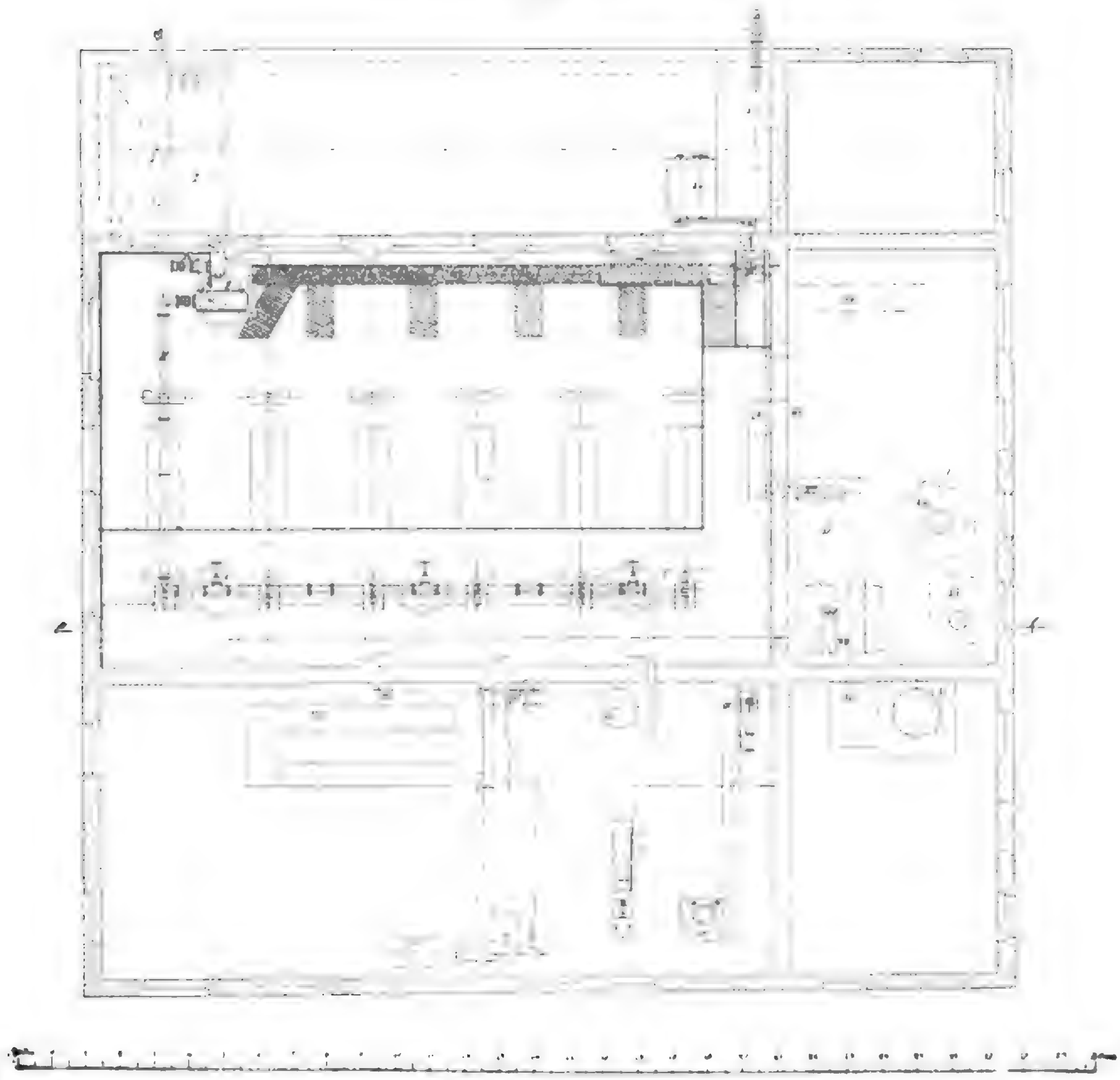
Nachstehende Bemerkungen mögen mit den beigegebenen Zeichnungen das Project näher erläutern. Der Hauptunterschied zwischen der Casseler und der projectirten Anlage liegt darin, dass hier die Pressen nicht im obersten Stockwerk über den Montejus, sondern unterhalb der letzteren angeordnet sind, sodass die Schlammmassen

Digitized by Google

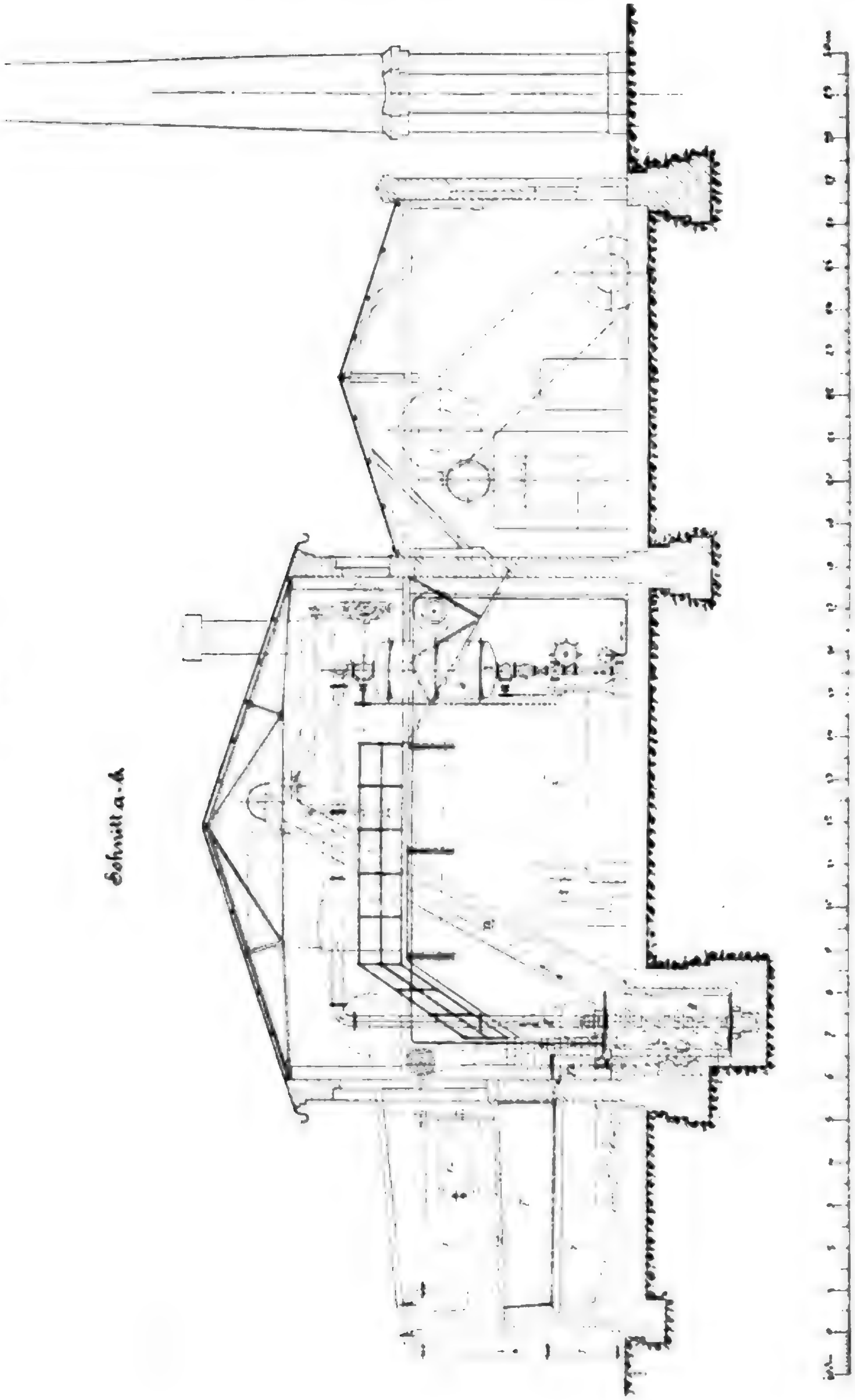
durch natürliches Gefälle den Pressen zufliessen und dadurch bedeutend an Kraft zur Hebung der Massen gespart wird.

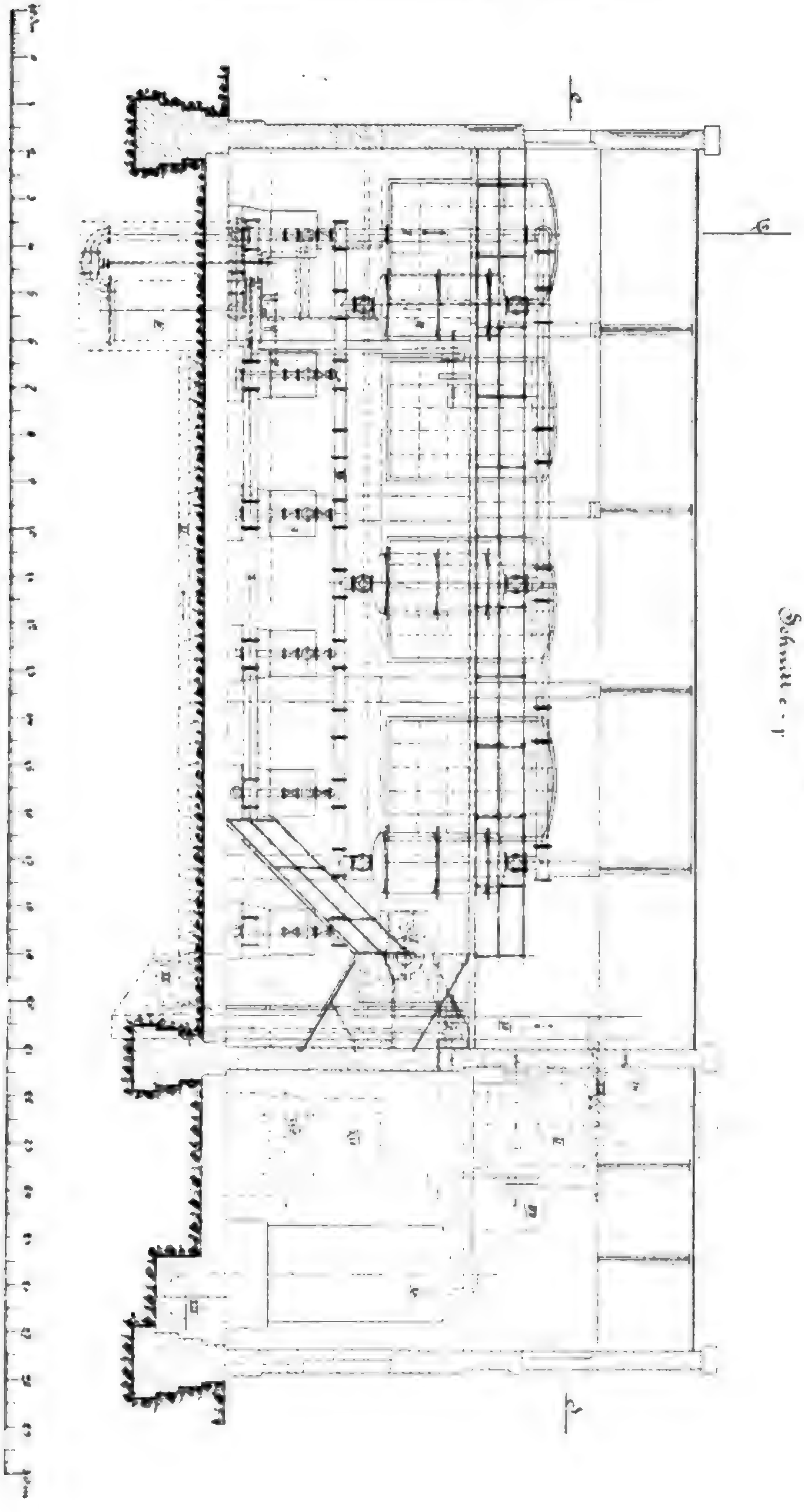
Der von der Kläranlage kommende Schlamm wird durch das Rohr I der Schlammverwerthungsanlage zugeführt und zunächst von etwa mitgerissenen, die später zu passirenden Rohrleitungen verstopfenden Gegenständen, wie Lumpen, Stöcken etc. durch ein Rechenwerk II—IIa befreit, um alsdann in den Vorrathsbehälter III zu gelangen. Von hier aus wird der Schlamm durch die Rohrleitung Va in den Behälter IV geleitet. Letzterer ist mit Rührwerk versehen, mittels dessen der Schlamm mit Schwefelsäure, welche dem Behälter V entnommen wird, innig vermischt wird. Nachdem dies geschehen, wird der Schlamm in die Montejus VII gedrückt und hier durch Zuführung von Dampf auf ca. 100° Celsius erhitzt. Durch eigenes Gefälle gelangt der Schlamm nun in die Filterpressen IX, in welcher das Wasser bis auf ca. 40 pCt. entfernt wird, worauf die Rückstände als Kuchen

Figur 1.



Figur 2.





Figur 3.
Schnitt e-f

mittels einer Transportschnecke XI auf einen Brecher XII geleitet werden, der die Kuchen zerkleinert. Ein Elevator XIII hebt die zerkleinerte Masse auf einen durch Dampf geheizten Trockenapparat XV, der den Rest der Feuchtigkeit entfernt.

Die so getrocknete Masse wird nun in einen Extractor XVI gefüllt und mittels Benzin, welches dem Behälter XVIII entnommen wird, unter gleichzeitiger Zuführung von Dampf entfettet. Von dem sich in dem unteren Theile des Extractors ansammelnden Gemisch von Benzin und Fett wird ersteres durch Erhitzung verflüchtigt, dann in einem Rückkühler zum grössten Theil wieder gewonnen und seinem Behälter wieder zugeführt, während sich das Rohfett in der Fettvorlage XIX ansammelt. Das Rohfett kann durch Destilliren gereinigt werden. Zu diesem Zwecke wird es aus der Vorlage XIX in die Destillirblase XX gepumpt und hier durch directe Feuerung und hoch überhitzten Dampf durch einen Kühler XXII in die Vorlagen XXIII überdestillirt, aus denen das fertige Fett in die Versandfässer abgefüllt werden kann. Die Destillationsrückstände (Goudron) werden direct aus der Destillirblase abgezogen.

Die Maschinenanlage umfasst eine Dampfkesselanlage von ca. 150 qm, eine Dampfmaschine von ca. 34 HP, einen Kompressor, eine Nassluft- und drei Wasserpumpen. Für die Beleuchtung ist eine Dynamomaschine vorgesehen.

Zum Schluss sei es gestattet, soweit dies die bisher gesammelten Erfahrungen überhaupt zulassen, noch mit einigen Worten auf die mit dem Degener'schen Verfahren der Verarbeitung der Klärrückstände erzielten Ergebnisse in technischer, hygienischer und wirthschaftlicher Beziehung einzugehen. Dass das Verfahren unter den in Cassel vorliegenden Verhältnissen technisch durchführbar ist, unterliegt keinem Zweifel und erschien gesichert, als die leichte Pressbarkeit der angesäuerten und erhitzten Schlammmassen feststand. Technisch wird es also immer möglich sein, den hier bestehenden Vertrag zu erfüllen. Ob dies in anderen Städten, die anders zusammengesetzte, namentlich mit industriellen Abgängen stark vermischte Abwässer zu verarbeiten haben, ebenso, oder mit welchen Modificationen dies der Fall sein wird, muss den Gegenstand besonderer Untersuchungen im Einzelfalle bilden. Es ist aber wohl kaum zu bezweifeln, dass das Degener'sche Verfahren stets ein Mittel bieten wird, die Städte von der Schlammplage zu befreien, und zwar ein um so erwünschteres Mittel, als nach unserer Meinung auch in hygienischer Beziehung Einwendungen gegen dasselbe kaum zu erheben sein dürften. Denn dass alle in den Rückständen etwa enthaltenen Krankheitserreger bei dem geschilderten Verfahren zu Grunde gehen, dürfte als sicher anzusehen sein, und ebenso ist gegen das Verfahren selbst und gegen seine Endproducte vom

Digitized by Google

Standpunkte der Hygiene kaum etwas einzuwenden. Ein kleiner Uebelstand besteht zur Zeit darin, dass zuweilen lästige Gerüche entstehen; doch diese sind einmal nicht direct gesundheitsschädlich, und dann werden sich auch Mittel und Wege finden lassen, sie zu beseitigen. Im Uebrigen sind die Arbeiter der Anlage, da alle Processe in verschlossenen Gefässen vor sich gehen, gegen schädliche Einwirkungen des Betriebes geschützt.

Aber ein Verfahren, mag es technisch noch so gut durchführbar und hygienisch noch so einwandfrei sein, wird nie auf weitere Anwendung rechnen können, wenn es nicht auch wirthschaftlich ausführbar ist; d. h. wenn die Kosten, die es verursacht, nicht in einem richtigen Verhältniss zu dem erreichten Zweck stehen. Und es wird für jede Stadt darauf ankommen, zu vergleichen, welche Kosten ihr durch eins der jetzt üblichen Verfahren der Schlammbeseitigung erwachsen und welche durch Einführung des Degener'schen patentirten Verfahrens.

Selbstverständlich wird man, wie wir dies schon ausführten, hierbei nicht denselben Maassstab wie in Cassel anlegen können, sondern damit rechnen müssen, dass die Schlammverwerthungsanstalt ebenso wie beispielsweise eine Kehrichtverbrennungsanlage kein Unternehmen ist, das Geld einbringt, sondern Geld kostet, und es wird in der Hauptsache darauf ankommen, auf welcher Basis ein Vertrag mit der Patentinhaberin zu Stande kommt.

Als Anhalt können hierbei folgende, auf Casseler Verhältnisse gegründete Angaben dienen: Die Rückstände enthalten in ihrer Beckensubstanz etwa 18 pCt. Fett, von denen 15 pCt. gewonnen werden, und da in einer Stadt von 100 000 Einwohnern jährlich mit 15 000 cbm solcher Rückstände (mit 90 pCt. Wasser) gerechnet werden kann, würden in der Verwerthungsanlage, da das specifische Gewicht des Schlammes 1,065 ist, jährlich 1 597 500,0 kg wasserfreie Trockensubstanz mit 239 625,0 kg Fett und 1 357 875,0 kg Kunstdünger entstehen.

Aus dem Verkauf dieser Substanzen ergeben sich die Einnahmen der Anlage, denen die Betriebskosten gegenüberstehen. Wenn sich nun auch feste Preise noch nicht gebildet haben, so kann man doch annehmen, dass es stets möglich sein wird, 100 kg Rohfett zu 30 Mk., und 100 kg Kunstdünger zu 3 Mk. zu verkaufen; es würde sich also eine Einnahme von

71 887,00 Mk. für Fett,
40 736,25 „ „ Kunstdünger,
= 112 623,25 Mk. in Summa

ergeben.

Die Betriebskosten können bei der verhältnissmässig kurzen Zeit, während welcher die Anlage im Betrieb ist, noch nicht angegeben werden. Sie sind aber bei der hiesigen Anlage jedenfalls beträchtlich, was zum Theil mit darauf zurückzuführen ist, dass die Anlage wegen der vielen im Versuchsstadium erforderlich gewesenen Abänderungen verhältnissmässig theuer in der Ausführung gewesen ist, und auch der Betrieb noch nicht so wirthschaftlich arbeitet, wie dies in einer nach den bisher gesammelten Erfahrungen errichteten Anlage der Fall sein wird.

Wenn sich im Laufe der Zeit Ersparnisse im Betriebe ergeben und für die erzielten Producte geeignete Absatzgebiete erschlossen haben werden, so wird, dies kann nach unserer Meinung aus den bisher gemachten Erfahrungen gefolgert werden, die Verarbeitung der Rückstände aus Kläranlagen, die wie die Casseler eine mechanische Reinigung der Schmutzwässer ohne irgend welche Zusätze bezwecken, nach dem Degener'schen Patent in der Zukunft berufen sein, die für viele Städte immer brennender werdende Schlammfrage in einer technisch, hygienisch und wirthschaftlich befriedigenden Art und Weise zu lösen.

7.

Bürette mit automatischer Einstellung des Nullpunktes und Entleerung durch directes Zurückfliessen der nicht verbrauchten Titerflüssigkeit.

Von

Dr. C. Zahn,

Wissenschaftlichem Hülfsarbeiter der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

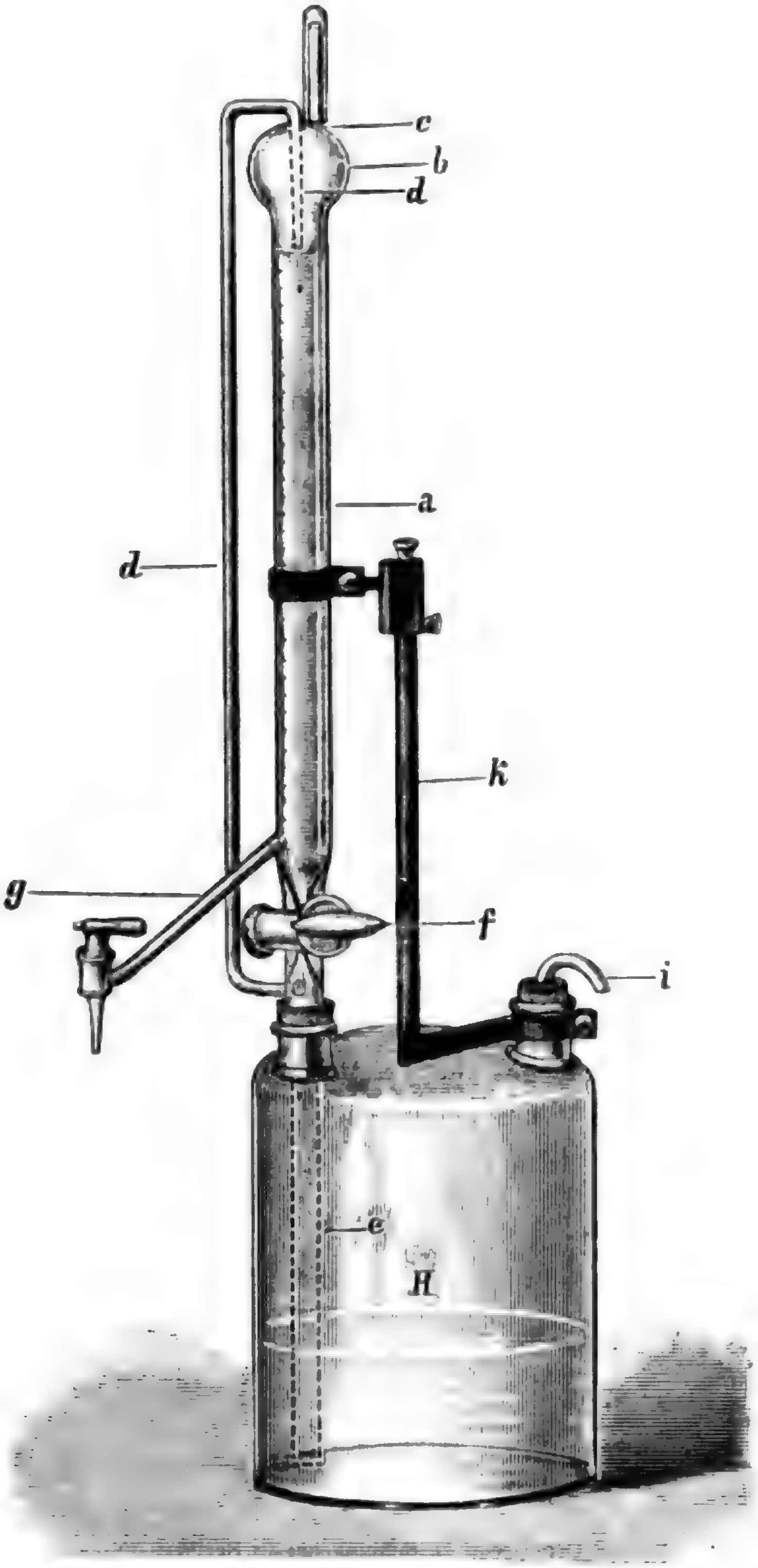
Die nach dem Bekanntwerden der Anstalt in weiteren Kreisen schnell zunehmende Inanspruchnahme derselben hatte zur Folge, dass sich die Arbeit speciell auch innerhalb des chemischen Anstaltslaboratoriums in einem solchen Maasse häufte, dass eine möglichste Vereinfachung der Arbeitsmethoden geboten erschien, soweit es die an erster Stelle erforderliche Genauigkeit der Resultate zuliess.

Besonderer Werth wurde auf die technische Vervollkommnung der am meisten in Verwendung kommenden Apparate gelegt, wobei vor allem zwei Factoren maassgebend waren: Erstens sollten die Apparate leicht handlich und absolut zuverlässig sein, und zweitens sollte bei ihrem Gebrauch thunlichst an Zeit und Chemikalien gespart werden. Aus diesen Gesichtspunkten heraus ist unter anderem der im Nachstehenden beschriebene Titrirapparat entstanden.

Die wie üblich graduirte Bürette a ist an ihrem oberen Ende zu einer Kugel b ausgeblasen, welche ihrerseits oben an der einen Seite ein durch ein Hütchen bedeckbares Entlüftungsrohr c trägt, während an ihrer anderen Seite ein zu einer Capillare ausgezogenes Rohr d eingeschmolzen ist. Das letztere endet in der Höhe des Nullpunktes der Bürette; sein aus der Kugel herausragender Theil ist nach zweimaliger rechtwinkliger Biegung parallel mit der Bürette nach unten geführt und mündet kurz unterhalb des Hahnes f in das Steigrohr e

Digitized by Google

der Bürette ein, welches seinerseits durch den einen Stopfen einer zweihalsigen, die Titrirflüssigkeit enthaltenden Wulff'schen Flasche H hindurch, bis nahe zum Boden derselben geht. Eine entsprechend angebrachte Klemme k dient zur weiteren Befestigung der Bürette auf der Flasche resp. zur Vermeidung von Schwankungen.



Der Bürettenabfluss geschieht wie gewöhnlich durch das mit einem Hahn verschliessbare Rohr g.

Die Füllung der Bürette geschieht in der Weise, dass durch ein in der zweiten Oeffnung der Wulff'schen Flasche angebrachtes Rohr i mit Hülfe eines Gummigebläses Luft in die Flasche eingetrieben und hierdurch die Titerflüssigkeit (nach Oeffnen des Hahnes f) in die Bürette gedrückt wird. (Das Gummigebläse ist mit einer Vorrichtung versehen, die es gestattet, die comprimirte Luft durch ein Seitenrohr abzulassen.) Ist die Bürette nahezu gefüllt, so wird Hahn f geschlossen, und die Flüssigkeit tritt nun durch die Capillare d von oben her in die Bürette. Hat der Stand der Flüssigkeit die Kugel erreicht, so hört man mit dem Einblasen der Luft auf, lässt die comprimirte Luft nach aussen entweichen, und die Flüssigkeit stellt sich nun infolge Zurückheberns durch die Capillare automatisch auf den Nullpunkt ein. Die in dem Heberrohr befindliche Flüssigkeit fliesst in die Flasche zurück. Ebenso kann durch Oeffnen des Hahnes f nach Beendigung des Versuches die unbenutzte Titerflüssigkeit in die Flasche H zurückgelassen werden.

Zwecks Reinigung der Bürette kann die dazu in Verwendung kommende Flüssigkeit durch das Entlüftungsrohr e eingefüllt werden.

Der beschriebene Apparat wird seit etwa $^3/_4$ Jahr im Anstaltsbetriebe verwendet und hat sich als dauerhaft und, speciell was die automatische Einstellung des Nullpunktes angeht, stets sicher functionirend erwiesen. Namentlich aber hat er den Gesichtspunkten, aus denen heraus er construirt wurde, nämlich: Zeit und Material zu sparen, durchaus entsprochen.[1])

---

1) Die Anfertigung des Apparates, für welchen beim Kaiserlichen Patentamt Musterschutz beantragt ist, hat die Firma C. Richter, Berlin N., Johannisstrasse 14/15, übernommen.

Druck von L. Schumacher in Berlin.

Mitteilungen

aus der

Königlichen Prüfungsanstalt

für

Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung

zu Berlin.

Herausgegeben

von

Dr. A. Schmidtmann,
Geh. Ober-Med.- u. vortr. Rat im Königl. Preuss. Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, Anstaltsleiter,

und

Dr. Carl Günther,
a. o. Professor der Hygiene an der Universität, Anstaltsvorsteher.

Heft 2.

Mit 4 Tafeln, 1 Stadtplan, 1 Karte und 3 Tabellen.

BERLIN, 1903.
VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD
NW. UNTER DEN LINDEN 68.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

1. Ueber die nitrificierenden Mikroorganismen der Filterkörper biologischer Abwässer-Reinigungsanlagen. Von Dr. Schultz-Schultzenstein . 1
2. Beiträge zur biologischen Wasserbeurteilung:
   a) Trinkwasseruntersuchung. Berichterstatter: Privatdocent Dr. R. Kolkwitz 23
   b) Fluss-Schlamm-Untersuchungen. Berichterstatter: Prof. Dr. M. Marsson 27
3. Ueber Bau und Leben des Abwasserpilzes Leptomitus lacteus. Von Privatdocenten Dr. R. Kolkwitz. (Mit Tafel I—IV) 34
4. Beitrag zur mechanischen Reinigung von Kanalwasser. Bemerkungen zur Kanalisation von Düsseldorf. Von Beigeordneten Geusen (Düsseldorf) und Dr. Loock (Düsseldorf). (Mit einem Stadtplan) 99
5. Gutachten der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, betreffend das Projekt der Wasserversorgung der Stadt Magdeburg aus dem Fiener Bruch. Berichterstatter: Prof. Dr. Carl Günther und Ingenieur O. Smreker. (Mit einer Karte) . . . 115
6. Versuche über die Reinigung der Abwässer von Tempelhof bei Berlin durch das biologische Verfahren. Von Dr. K. Thumm und Dr. A. Pritzkow. (Mit Tabelle I und II) 127
7. Weitere Versuche über die Reinigung des Charlottenburger Abwassers auf der Pumpstation Westend durch das biologische Verfahren. Von Dr. Curt Zahn. (Mit Tabelle III) 164

Digitized by Google

1.

Ueber die nitrificierenden Mikroorganismen der Filterkörper biologischer Abwässer-Reinigungsanlagen.

Von

Dr. **Schultz-Schultzenstein,**

Wissenschaftlichem Hülfsarbeiter der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Nach allem, was wir wissen, ist der Effekt biologischer Anlagen wesentlich abhängig von der Tätigkeit der in den Filtern wirksamen Mikroorganismen. Die Konstruktion einer biologischen Kläranlage hat daher nach Grundsätzen zu geschehen, die eine möglichst gedeihliche Entwickelung der in Frage kommenden Mikroorganismenarten gestatten.

Bezüglich der biologischen Eigenschaften der letzteren steht soviel fest, dass die Lebenstätigkeit der wichtigsten unter ihnen an die Gegenwart atmosphärischen Sauerstoffs geknüpft ist, und dass unter dem Einflusse dieser Lebenstätigkeit die in dem Abwasser enthaltenen Stickstoffverbindungen in letzter Linie zu Salpetersäure oxydiert werden. Es handelt sich also bei dieser Gruppe von Mikroorganismen um sog. „nitrificierende" Bakterien. Reinzüchtungen derselben aus biologischen Filtern liegen bis jetzt nicht vor. Es war also bis jetzt auch nicht die Möglichkeit gegeben, ihre Lebenseigenschaften genauer zu erforschen.

Um zur Ausfüllung der in dieser Beziehung bestehenden Lücke beizutragen, habe ich auf Anregung des Anstaltsvorstehers, Herrn Professor Dr. Günther, die nachstehenden Untersuchungen vorgenommen. Es handelte sich bei den letzteren also darum, die nitrificierenden Mikroorganismen biologischer Reinigungsanlagen kennen zu lernen; ferner sollten dieselben mit den in den Rieselfeldern und

Digitized by Google

den in der gewöhnlichen Ackererde vorhandenen nitrificierenden Mikroorganismen verglichen werden.

Es wurden die von Winogradsky[1]) für nitrit- resp. nitratbildende Bakterien angegebenen Nährlösungen hergestellt, sterilisiert und je 100 ccm davon in sterile Erlenmeyer'sche Kölbchen gebracht, darauf die einzelnen Kölbchen mit Koks aus den Filtern der biologischen Versuchsanlage in Karolinenhöhe bei Charlottenburg bezw. mit Rieselfelderde, gewöhnlicher Ackererde und Sand aus dem dort befindlichen Staubassin beschickt.

In jedes Kölbchen wurden 2 g Erde resp. 8 g Koks (wegen der geringeren Oberfläche mehr) gebracht:

I. Erde von einem seit 4 Wochen nicht berieselten Rieselfeld.

II. Sand aus dem sog. Schönfilter.

III. Ackererde der Feldmark Gatow (Rauhe Furche).

IV. Koks aus dem eingearbeiteten biologischen Körper in Karolinenhöhe (Filter I).

V. Koks aus Filter II daselbst.

VI. Erde aus dem Rieselbottich daselbst.

Die Temperatur im Oxydationskörper bei der Entnahme war 7° C., die Lufttemperatur 0°, der Tag der Entnahme sämtlicher Proben der 5. März 1902.

Die Gefässe, welche Nährlösung für den Nitritbildner enthielten, wurden mit römischen Zahlen (I—VI) bezeichnet, während die mit arabischen Zahlen (1—6) bezeichneten Nährlösung für den Nitratbildner enthielten.

Die Lösungen I—VI und 1—6 wurden im Brutschrank bei 25° bis 26° C. gehalten, täglich geprüft und zwar auf Ammoniak mit Nessler'scher Lösung, auf Nitrit mit Sulfanilsäure-α-Naphtol, auf Nitrat mit Diphenylamin.

In allen Fällen trat die erwartete Nitrit- resp. Nitratbildung ein, jedoch mit nachstehenden Zeitunterschieden: Am schnellsten ging die Nitrit- resp. Nitratbildung in den mit Koks aus den biologischen Körpern beschickten Kölbchen vor sich; Kolben IV und V zeigten schon am 2. Tage starke Nitritreaktion, während bei Kolben III (gewöhnliche Ackererde) erst am 5. Tage eine ganz geringe Nitritreaktion auftrat. Rieselfelderde- und Staubassinsandkölbchen zeigten vom 5. Tage ab starke Nitritreaktion. Ein brauner Niederschlag bei

1) Archives des sciences biologiques publiées par l'institut impérial de médecine expérimentale à St. Pétersbourg. 1892. Tome I. p. 88 u. ff.

Digitized by Google

der Nitritreaktion zeigte sich beim Koks vom 6. Tage ab. Bei dem sehr langsamen Wachstum der beiden nitrificierenden Organismen darf aus der schnellen Nitrifikation beim Koks auf Anwesenheit sehr grosser Mengen dieser Organismen in den eingearbeiteten biologischen Körpern geschlossen werden.

Während des Verlaufs der Beobachtung konnte man das Auftreten und stetige Zunehmen einer Flöckchenbildung am Grunde der Kölbchen mit Nitritbildner-Lösung beobachten; die Flöckchen sind bei den Erdproben von graugelblicher Farbe; bei dem Koks sehen sie schwarzgrau aus. Im hängenden Tropfen von einem solchen Flöckchen sieht man alle möglichen beweglichen und unbeweglichen Mikroorganismen. Im gefärbten Präparat der Nitritbildner-Lösungen heben sich durch Zahl und Anordnung 1,2—1,5 μ lange, 0,8—1 μ breite ovale Mikroorganismen hervor; sie liegen teils einzeln, teils zu zweien mit den Längsseiten aneinander, meist aber in lockeren Haufen, in denen sie durch eine Substanz zusammengehalten werden, die sich mit Gentianaviolett viel schwächer färbt als die Organismen selbst.

Die Organismen gleichen in der Form ganz den von Winogradsky[1]) beschriebenen und als „Nitrosomonas" bezeichneten — bis auf die Färbbarkeit, indem sie sich sehr leicht mit Gentianaviolett färben, während Winogradsky bei den von ihm aus verschiedenen Erdarten dargestellten Nitritbildnern nur dadurch eine gute Färbung erlangte, dass er mit schwacher Lösung von Malachitgrün $^1/_2$ Minute vorfärbte und mit dünner Gentianaviolett-Lösung nachfärbte.

Nach sechstägiger Beobachtung wurden von Kolben I, IV, V und VI, welche am stärksten nitrificierten, mit je 2 Tropfen Tochterkulturen: Ia, IVa, Va, VIa angelegt; von diesen arbeitete IVa so energisch, dass schon nach 18 Tagen das ganze Ammoniak (1 ccm einer 10proc. Lösung von schwefelsaurem Ammoniak) verbraucht war.

Auch die gefärbten Präparate aus den Tochterkulturen zeigten den von Winogradsky als Nitrosomonas beschriebenen in der Form völlig gleichende Mikroorganismen.

Um nun — wie Winogradsky sagt — „banale" Organismen auszuschliessen, wurde von der Tochterkultur IVa und zwar wiederum mit 2 Tropfen derselben eine Kultur IVb und von dieser nach Verbrauch des Ammoniaks eine Kultur IVc angelegt. Von dieser Kultur IVc

1) Annales de l'Institut Pasteur. Tome IV. 1890. p. 213 u. ff. und Tome V. 1891. p. 92.

wurden dann Agar-Platten hergestellt. Der Agar war zuvor (nach Beijerinck's Angabe) 8 Tage lang in dünner Schicht gewässert worden. Die hiervon erhaltenen Platten liessen so viele fremde Kolonien aufkommen, dass an ein erfolgreiches Abimpfen der nitrificierenden Kolonien nicht zu denken war. In dem weiterhin verwendeten Agar, der bis 3 Wochen lang gewässert war, wurden ebenfalls noch 6—7 fremde Arten in verhältnismässig so reicher Zahl von Kolonien, und so viel schneller wachsend als die nitrificierenden Kolonien, oft sogar fast die ganze Oberfläche der Agar-Platte überziehend gefunden, dass ich nun von der Verwendung des Agar ganz absah und mich dem Kieselsäure-Nährboden zuwandte.

Es gibt wohl kaum eine bequemere Art, sich eine vorzügliche Kieselsäure-Gallerte darzustellen, als diejenige, welche Winogradsky[1]) angibt. Ich habe herausgefunden, dass man eine Winogradsky's Angaben in Bezug auf das spec. Gewicht entsprechende Lösung von Kieselsäure erhält, wenn man 173 ccm 10 proc. Lösung von kieselsaurem Natron mit 100 ccm destilliertem Wasser versetzt, dazu 273 ccm Salzsäure vom spec. Gewicht 1,1 hinzufügt und diese Mischung 2 Tage gegen Leitungswasser, dann gegen destilliertes Wasser bis zum Verschwinden der Chlorreaktion dialysiert.

Ich halte mir so dargestellte wässerige Kieselsäure in grösseren Mengen vorrätig, ferner die nötigen sterilen Minerallösungen und brauche im Bedarfsfalle nur in einem Koch-Glasgefäss mit je einer ringförmigen Marke für den Gehalt von 100 ccm und 20 ccm von dieser dialysierten Kieselsäure 100 ccm einzufüllen, auf 20 ccm einzudampfen und mit den entsprechenden Mengen der sterilen Salzlösungen zu versetzen, um den fertigen Nährboden zu haben, der dann in Petrischälchen gegossen und geimpft wird. Die Gallertbildung tritt nach 4—5 Stunden ein.

Mit Hülfe dieser Kieselsäure gelang die Isolierung eines dem Winogradsky'schen „Nitrosomonas" anscheinend völlig gleichenden Mikroorganismus aus den Kulturen aus Koks-Körpern.

Es erscheint zweckmässig, schon hier auf einige Punkte aufmerksam zu machen, welche bei der Arbeit mit Kieselsäure-Nährböden zu beachten sind: Wenn man die sterilisierte dialysierte Kieselsäure längere Zeit mit Wattepfropf verschlossen stehen lässt, so zeigt sich

1) Archives des sciences biologiques publiées par l'institut impérial de Médecine expérimentale à St. Petersbourg. 1892. Tome I.

Digitized by Google

nach ca. 4 Wochen bei Prüfung mit Sulfanilsäure und Naphtol eine deutliche Nitrit-Reaktion. Diese Kieselsäurelösung muss also wohl eine ganz besondere Anziehungskraft für die in der Zimmerluft vorhandenen kleinen Mengen von salpetriger Säure haben. Die verwendeten Materialien zeigten vor ihrer Verwendung diese Reaktion nicht, die dialysierte Kieselsäure bald nach ihrer Darstellung zeigte diese Reaktion ebenfalls nicht.

Rullmann[1]) hat die wässerige Nährlösung Winogradsky's für den Nitritbildner in dieser Richtung beobachtet und gefunden, dass bei Zimmertemperatur und Wattepfropfverschluss erst nach 130 Tagen Nitrit-Reaktion in der Lösung nachzuweisen war, während die dialysierte Kieselsäure diese Reaktion schon nach 4—5 Wochen zeigt. Diese letztere Tatsache kann, wie ich aus einer Kieselsäure-Kontrollplatte ohne Einsaat von Nitritbildner ersah, zu Irrtümern Anlass geben. Ich fand in dieser Kontrollplatte nach 21 Tagen eine deutliche Nitrit- und Nitrat-Reaktion, ohne dass irgend eine Kolonie auf derselben gewachsen war; die Ammoniak-Reaktion in dieser Platte war aber unverändert erhalten; es handelte sich also um aus der Luft hinzugetretene salpetrige Säure. Ich habe mich seitdem gewöhnt, eine bakterielle Ursache für das Auftreten von Nitrit und Nitrat in der Kieselsäure-Gallerte nur dann anzunehmen, wenn gleichzeitig das Ammoniak verschwindet.

Die weiteren Abimpfungen für die Reindarstellung des Nitritbildners wurden von dem Kölbchen IV c gemacht, für die Reindarstellung des Nitratbildners von dem Kölbchen 5 c.

Während nun Winogradsky sagt, dass es ihm gelungen sei, aus dem Boden durch Ausschliessen aller organischen Substanz bei Benutzung von Kieselsäure-Gallerte die fremden Mikroorganismen bis auf einen Sprosspilz auszuschliessen, war dies bei der Isolierung der nitrificierenden Organismen aus dem Koks der biologischen Körper durchaus nicht der Fall; wohl wegen des sehr grossen Reichtums des Abwassers an allen möglichen Arten von Mikroorganismen, die im gewöhnlichen Erdboden nicht vorkommen.

Während der Monate März und April 1902 hatte ich mich vergeblich abgemüht, Agar-Platten herzustellen, aus denen eine erfolgreiche Abimpfung möglich gewesen wäre. In den Platten war stets Nitrifikation und Ammoniakverbrauch eingetreten; es befanden sich

1) Centralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 5. 1899. S. 212.

unter den vielen Kolonien, die gewachsen waren, mehrere, auf welche die von Winogradsky gegebene Beschreibung der Kolonien der nitrificierenden Organismen ungefähr passte, die sich aber nachher als nicht nitrificierende erwiesen. Ich gab daher, wie gesagt, die Abimpfung von Agar-Platten auf.

Eine grosse Hülfe bei der Isolierung war die von Winogradsky angegebene Methode, von der Flüssigkeit die Zoogloeen auf Asbest abzufiltrieren, den Asbest dann mit sterilem Wasser gut auszuwaschen und diesen gewaschenen Asbest dann in ein mit Winogradsky'scher Nitritbildner-Lösung gefülltes Kölbchen zu bringen. Dadurch wurden viele, bei weitem aber nicht alle fremden Arten entfernt.

In den so geimpften Kölbchen war das Ammoniak (0.1 g schwefelsaures Ammoniak) durchschnittlich in 12 Tagen verbraucht.

Von diesen Kölbchen impfte ich mit 2 Tropfen aus denselben ein neues Kölbchen, und von diesem neuen Kölbchen wurden dann die ersten Kieselsäureplatten geimpft.

Am 4. Tage sah ich in den Petrischälchen mit Kieselsäuregallerte bei 180facher Vergrösserung 6—8 μ grosse, stark lichtbrechende, gelbliche Kügelchen oder Scheibchen, von denen dann später einige angestochen wurden. Die davon gefertigten mikroskopischen Präparate zeigten den 1—1.2 μ langen, 0.8 μ breiten, länglich-ovalen Mikroorganismus, jedoch nicht diesen allein. Vielfach traf es sich auch, dass ich die Kolonien wohl mit der Platinnadel berührte, aber nur bei Seite schob, ohne Material an die Nadel zu bekommen. Es wurden daher jedesmal gleich 12 Kölbchen mit Nährlösung bereitet und mit der Platinnadel nach jedesmaligem Berühren einer kleinen gelblichen Kolonie geimpft. Von diesen Kölbchen impfte ich dann, nachdem starke Nitrit-Reaktion eingetreten und das Ammoniak verbraucht war, wieder mit 1—2 Tropfen des Inhalts oder mit 1 oder 2 Oesen einer Platinnadel voll Material Kieselsäureplatten. Immer aber wuchsen gleichzeitig 2 Arten von Kolonien neben den nitrificierenden, besonders auf der Oberfläche der Kieselsäure, gleichzeitig: eine Art von weiss-graulicher Farbe mit Seesternform, welche von einem schlanken Stäbchen gebildet wurde, während die andere Art, die ich wegen ihrer unregelmässigen Konturen als „landkartenförmige" Kolonien bezeichnet habe, von einem dicken, kurzen Stäbchen gebildet war. Beide Arten nitrificierten — wie ich mich wiederholentlich überzeugt habe — nicht.

Ueber die Ursache der Misserfolge belehrte mich ein Klatsch-

Digitized by Google

präparat von der Oberfläche einer Kieselsäureplatte, welches deutlich zeigte, wie unmittelbar an den Grenzen der Kolonien der Nitritbildner auch die fremden Stäbchen lagen, sodass diese also fortgesetzt mit abgeimpft wurden.

Es war also schliesslich eine Geduldsprobe, so lange Kolonien anzustechen, bis ich schliesslich zufällig auf eine solche kam, welche den Nitritbildner allein enthielt.

Die Bouillonkulturen hatten übrigens bisher stets Trübung gezeigt in Folge der Beimengung der nicht nitrificierenden Arten. Auch Strichculturen auf Kieselsäure-Gallerte hatten zu keinem Ziel geführt, da die fremden Kolonien schneller als die gelblichen wuchsen und diese überwucherten.

Am 10. Mai 1902 war es mir gelungen, unter 9 Abimpfungen eine zu bekommen, in welcher neben den Nitritbildnern keine fremden Arten waren, wie sich durch Herstellung mehrerer gefärbter Präparate am 17. Mai annehmen liess.

Von diesen Kölbchen wurden sofort 6 Petrischälchen gegossen sowohl mit Kieselsäure-Gallerte wie mit ausgewaschenem Agar, und in beiden Nährböden zeigten sich nur die gelblichen Kolonien ohne Beimengungen fremder Arten.

Wiederholte Impfungen in Bouillon blieben ungetrübt.

Somit war also eine Reinkultur eines nitritbildenden Mikroorganismus gelungen, der, sowohl was die Form der Kolonie, wie was die Form des einzelnen Individuums betrifft, dem von Winogradsky „Nitrosomonas" genannten Lebewesen völlig gleicht; und zwar aus dem Koks der biologischen Körper der Versuchskläranlage in Karolinenhöhe.

Aus Sand von einem Septictank haben Rafter und Baker[1], wie sie angeben, einen nitrificierenden Mikroorganismus isoliert, geben aber auf Seite 194 ihres Buches zu, dass sie es auch mit 2 oder mehreren Arten in ihren Flaschen zu tun gehabt haben können.

Die von Rafter und Baker befolgte Methode — nämlich nur fortgesetztes Ueberimpfen in Winogradsky'sche Nährlösung ohne Zwischenschaltung eines festen Nährbodens und Abimpfung von diesem — spricht mit Wahrscheinlichkeit dafür, dass sie eine Reinkultur nicht unter Händen gehabt haben.

---

1) Sewage disposal in the United States, by W. Rafter and M. N. Baker. New York 1900. Nostrand Company.

Digitized by Google

Es warf sich nun ohne weiteres die Frage auf, auf welchem Wege dieser nitrificierende Mikroorganismus in die Filter gelange?

Zur Beantwortung dieser Frage habe ich Berliner städtisches Abwasser aus der Pumpstation in der Schöneberger Strasse chemisch und bakteriologisch untersucht. Um das Abwasser stets frisch zu haben, verzichtete ich darauf, es (wie den Koks der Filter) aus Karolinenhöhe zu entnehmen.

Das ganz frisch entnommene Abwasser zeigte bei wiederholentlich vorgenommenen Untersuchungen stets alkalische Reaktion und einen Gehalt von im Mittel 65 mg Ammoniak im Liter, meist gar keine salpetrige Säure, in sehr seltenen Fällen Spuren davon, und nie Salpetersäure.

Ich teilte eine mit sterilen Gefässen entnommene Abwassermenge in 2 Teile, jeder Teil kam in ein Erlenmeyer'sches Kölbchen und wurde mit sterilem Wattepfropf verschlossen. Das eine Kölbchen wurde 2 Tage hinter einander je eine Stunde lang im Dampftopf sterilisiert, beide Kölbchen bei 25° bis 27° C. in den Brutofen gestellt und nach 8 Tagen zum ersten Male untersucht. Das sterilisierte Abwasser hatte seinen Ammoniakgehalt unverändert bewahrt und zeigte — wie im Anfang — eine geringe Spur salpetriger Säure und keine Salpetersäure. In dem Kölbchen mit nicht sterilisiertem Abwasser hatte die Ammoniakreaktion an Intensität abgenommen, dagegen die Reaktion auf salpetrige Säure stark zugenommen und es war auch Salpetersäurereaktion aufgetreten; nach 14 Tagen war die Ammoniakreaktion gleich Null, die auf salpetrige Säure noch schwach und die auf Salpetersäure sehr stark geworden.

Das sterilisierte Abwasser behielt die anfangs festgestellte Beschaffenheit dauernd unverändert bei.

Gleichzeitig mit diesen Versuchen wurde auch der für die Züchtung des Nitritbildners mit Nährsalzen versehene Kieselsäure-Gallert-Nährboden mit Abwasser geimpft, und zwar die einzelnen Schälchen

a) mit 2 Tropfen Abwasser,
b) „ 1 „ „
c) „ 3 Oesen von a.

Es wuchsen auf den Platten verschiedene Kolonien, unter diesen auch denen des Nitritbildners ganz gleiche; dieselben zeigten auch im mikroskopischen, gefärbten Präparat Mikroorganismen, die dem Nitritbildner völlig glichen. Auch die Kieselsäure-Gallerte — ein erbsengrosses Stück mit sterilem Platinlöffel aus der Kulturschale ent-

Digitized by Google

nommen und mit Sulfanilsäure-α-Naphtol übergossen — zeigte nach 5 Tagen eine schwache Nitritreaktion; als dieselbe Prüfung nach 3 weiteren Tagen wiederholt wurde, war die Nitritreaktion stark geworden. Nach ca. 3 Wochen war in der Gallerte von Schälchen a kein Ammoniak mehr nachzuweisen und sehr starke Nitrit- und Nitratreaktion vorhanden. Die Kulturschalen wurden, wie alle mit Kieselsäure-Gallerte beschickten Schalen, in einer feuchten Kammer aufbewahrt. Auf eine Reinzüchtung des in dem Abwasser festgestellten Nitritbildners wurde wegen der oben erörterten Schwierigkeiten in diesem Falle Verzicht geleistet.

Zu bemerken ist noch, dass das Kölbchen mit nicht sterilisiertem Abwasser nach 4 Wochen wieder einmal untersucht wurde und weder Ammoniak- noch Nitrat- oder Nitritreaktion zeigte. Es müssen also nachträglich Nitrat reducierende Keime, deren Artenzahl ja — wie A. Maassen[1]) zeigt — eine sehr grosse ist, ihre Wirkung haben eintreten lassen.

Aehnliche Versuche sind neuerdings im 2. Bericht der Königlichen Kommission für Abwässerbeseitigung in London[2]) publiciert; dieselben beschäftigen sich aber nicht mit dem Nitrit- oder Nitratbildner als solchem, sondern nur mit dem Nichteintreten der Nitrifikation bei Verwendung von sterilem Abwasser und sterilem Koks, und dem Eintreten von Nitrifikation bei Verwendung von sterilem Koks und nicht sterilem Abwasser.

Ich habe ferner wiederholentlich sterilisiertes Abwasser mit einem Tropfen einer frischen Reinkultur vom Nitritbildner geimpft und Kontrollkölbchen einfach mit sterilisiertem Abwasser aufgehoben. In den geimpften Kölbchen trat nach 6—8 Tagen starke Nitritbildung ein, während das Ammoniak schwand. Nach nachträglicher Impfung mit Reinkultur vom Nitratbildner (siehe unten) ging die prompte Oxydation zu Salpetersäure vor sich. Sterilisiertes Abwasser kann man nach meinen Erfahrungen beliebig lange aufbewahren, ohne dass es seine Reaktion ändert.

Hiermit ist der Beweis erbracht, dass die Beschaffenheit des Berliner Abwassers eine derartige ist, dass die Nitrit- und Nitratbildner darin zu leben und Ammoniak zu nitrificieren vermögen.

---

1) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt. Bd. XVIII. Heft I. 1901.

2) Second report of the commissioners to inquire and report what methods of treating and disposing of sewage. London 1902. Printed for his majesty's stationary office.

Schliesslich impfte ich Petri-Schälchen mit Kieselsäure-Gallerte und den von Winogradsky vorgeschlagenen Mineralsalzen für den Nitritbildner mit 3, 4 und 6 Tropfen frischen Abwassers. Die Oxydation des Ammoniaks trat, wie erwartet, ein, und es fanden sich unter den auftretenden Kolonien auch viele solche, welche denen des Nitrosomonas-Winogradsky im Aussehen völlig glichen. Auch das gefärbte Präparat aus solchen Kolonien zeigte Mikroorganismen, welche dem Nitrosomonas-Winogradsky völlig gleich waren. Diese Mikroorganismen, in der Kolonie mit der Platinnadel angestochen und in Winogradsky'sche Nitritbildner-Lösung verimpft, nitrificierten. Reingezüchtet habe ich aus diesem Material den Nitrosomonas nicht, um nicht noch einmal den langwierigen Kampf gegen seine schwer abzutrennenden Begleiter aufzunehmen.

Durch die vorstehenden Ergebnisse ist erwiesen, dass durch das Abwasser den biologischen Körpern nitrificierende Mikroorganismen zugeführt werden, was natürlich nicht ausschliesst, dass die letzteren auch auf anderem Wege in die Körper gelangen können.

Nun warf sich die fernere Frage auf, auf welchem Wege der Nitritbildner in das Abwasser gelangt?

Ein Weg, auf dem der Nitritbildner in das Abwasser gelangt, ist der von dem Sand des Spülwassers von Kartoffeln, Wurzeln etc., welcher in das Abwasser kommt. Im Sand resp. im Ackerboden ist der Mikroorganismus ja von Winogradsky nachgewiesen.

Um aber diese Frage noch näher zu beantworten, impfte ich 10—15 Tropfen Leitungs-Wasser der Berliner Wasserleitung in Kieselsäure-Gallerte.

Es trat Nitrifikation ein, und die typischen gelben kleinen Kolonien traten auf, aber nur in geringer Zahl. Im gefärbten Präparat aus solchen Kolonien sah ich ebenfalls den dem Nitrosomonas-Winogradsky gleichenden Mikroorganismus. Das Ammoniak in der Kieselsäure-Gallerte mit Leitungswasser war nach 4—5 Wochen geschwunden.

Ferner habe ich Wasser aus einem Berliner Strassenbrunnen in der Wilhelmstrasse in sterilem Gefäss entnommen und, mit steriler Lösung der von Winogradsky für Nitrosomonas-Kultur vorgeschriebenen Salze in der erforderlichen Koncentration versetzt, im Brutschrank bei 26—28° C. gehalten. Nitrifikation trat hier nach 3 Wochen ein, es zeigte sich eine deutliche Nitritreaktion; nach 42 Tagen war die Ammoniakreaktion verschwunden. Ich setzte nun wieder auf 100 ccm des Wassers 1 ccm einer 10 proc. Lösung von schwefel-

Digitized by Google

saurem Ammoniak hinzu; nach weiteren 21 Tagen war nur noch eine Spur dieses Ammoniaks nachzuweisen. Die Nitritreaktion hat dabei anfangs stetig zugenommen, war zuletzt aber nicht mehr stark, dagegen war sehr starke Nitratreaktion aufgetreten; also wohl eine Folge der Tätigkeit der Nitratbildner. Im gefärbten Präparat aus dieser Lösung zeigte sich neben vielen anderen Mikroorganismen auch der dem Nitrosomonas-Winogradsky gleiche.

Endlich verdanke ich der Freundlichkeit des Betriebsdirigenten des Berliner Wasserwerks zu Friedrichshagen bei Berlin, Herrn Ingenieur Anklam, eine Sandprobe aus einem kurz vor der Entnahme des Sandes abgelassenen Filter der Friedrichshagener Wasserwerke.

Dieser Sand zeigte, als ich ihn erhielt, eine sehr starke Nitrit- und schwache Nitratreaktion. Ein gefärbtes Präparat von dem von dem Sande abtropfenden Wasser zeigte sehr viele verschiedene Mikroorganismen. Eine Probe dieses Sandes, mit Winogradsky'scher Nitrosomonaslösung aufgestellt, zeigte eine langsam aber stetig verlaufende Nitrifikation. Der restierende, an der Luft aufbewahrte Sand hatte schon nach 2 Tagen seine Nitritreaktion verloren und zeigte nur starke Nitratreaktion.

Die Probe wurde nicht weiter geprüft, da der Nachweis der Nitrit- und Nitratbildner in Sand nicht weiter erforderlich erschien. Der Uebergang dieser Organismen in das Leitungswasser erscheint aber sehr natürlich.

Nach allem Vorstehenden ist der Schluss berechtigt, dass die in (Berliner) Abwasser festgestellten nitrificierenden Mikroorganismen, zum Teil wenigstens, aus dem Leitungswasser stammen. Unter der Annahme, dass für die Charlottenburger Verhältnisse die Dinge ähnlich liegen, kommt man zu dem Ergebnis, dass die Anwesenheit der nitrificierenden Bakterien in den biologischen Körpern in Karolinenhöhe z. T. auf das Vorhandensein dieser Mikroorganismen im städtischen Abwasser resp. im Wasser der städtischen Wasserleitung zurückzuführen ist. Sicher ist dies jedoch nicht der einzige Weg, auf welchem die nitrificierenden Mikroorganismen den biologischen Körpern zugeführt werden. Bei der anscheinend ausserordentlichen Verbreitung der qu. Bakterienarten in der Natur sind die Möglichkeiten des Hineingelangens in die Körper sehr zahlreich.

Rafter und Baker (l. c.) haben in Massachusetts Beobachtungen an Oberflächenwasser gemacht, welche hier kurz erwähnt werden sollen:

Digitized by Google

Nach 7 Tagen ist die organische Substanz des Oberflächenwassers in Ammoniak verwandelt, nach weiteren 14 Tagen das Ammoniak verschwunden und Nitrit entstanden, welches in ca. 3 Wochen sein Maximum erreicht. Nach weiteren 28 Tagen fand man nur Salpetersäure. Auch Celli und Marino-Zucco[1]) haben Bakterien aus dem Wasser isoliert, welche in (ammoniakhaltigem) Wasser das Auftreten der Nitritreaktion stärker erscheinen liessen, als wenn das Wasser ohne Zutat dieser Bakterien stehen blieb. —

Parallel mit den geschilderten Untersuchungen bemühte ich mich nun auch, den nitratbildenden Mikroorganismus aus den Koks-Filtern der Kläranlage in Karolinenhöhe zu züchten.

Es bedarf nur des Hinweises, dass wegen der grossen Menge von Mikroorganismen im Abwasser hier die Schwierigkeiten der Isolierung ähnliche waren, wie beim Nitritbildner. Erschwert wurde die Arbeit hierbei noch dadurch, dass sich in den biologischen Körpern mehrere Mikroorganismen fanden, welche in den Kolonien auf Agar und Kieselsäure-Gallerte den von Winogradsky beschriebenen fast völlig glichen. Wiederholentlich habe ich solche Mikroorganismen weiter gezüchtet, die dann aber nicht nitrificierten. Endlich gelang auch hier die Reinkultur, und zwar, als mir der Zufall Kolonien des betreffenden Organismus von über 50 μ Durchmesser in die Hand spielte, welche sich auf der Oberfläche der Kieselsäure-Gallerte ausgebreitet hatten.

Die befolgte Methode war die gleiche wie beim Nitritbildner. Auffallend war es, dass hier die letzte Schwierigkeit bei der Erzielung einer Reincultur darin lag, einen langsam wachsenden Schimmelpilz aus den Medien zu entfernen, welcher sich immer wieder zeigte. (Das Studium dieses Pilzes wird in der Anstalt weiter verfolgt.) Eine nitrificierende Kraft besitzt dieser Pilz nicht; seine Lebensbedingungen müssen durch salpetrige Säure und Salpetersäure günstig, durch Ammoniak ungünstig beeinflusst werden, denn in ammoniakhaltiger Lösung habe ich ihn nie beobachtet.

Der aus dem Abwasser isolierte Nitratbildner gleicht in jeder Beziehung dem von Winogradsky gezüchteten „Nitrobacter“.

Nunmehr seien Angaben über die Morphologie und Biologie der beiden, Ammoniak resp. salpetrige Säure in ihren Salzen oxydierenden Mikroorganismen gestattet.

---

1) Rendiconti della accademia dei Lincei. Roma 1886.

Bezüglich der Untersuchungsmethoden hielt ich mich zunächst streng an Winogradsky's Angaben.

In Bezug auf das Färben der mikroskopischen Präparate wählte ich auch die Winogradsky'sche Methode der Vorfärbung mit einer dünnen Lösung von Malachitgrün, dieser folgte das Abspülen und dann das Nachfärben mit Methylviolett. Ich erhielt auf diese Weise stets gute Präparate. Später versuchte ich den Nitritbildner mit einer ein wenig stärkeren Methylviolett-Lösung allein zu färben, und auch das gelang sehr gut. Seit der Zeit habe ich alle Präparate nur mit Methylviolett allein gefärbt. Ungleichmässige Färbungen der einzelnen Individuen (Plasmolyse) habe ich meist nur bei älteren Kolonien gesehen. Beim Nitritbildner ist es mir nicht gelungen Geisselfärbungen zu erzielen; beim Nitratbildner dagegen trat die Färbung einer Cilie, ganz wie sie Winogradsky im Photogramm zeigt[1], sehr oft schon bei einfacher Färbung mit Methylviolett (beim Erwärmen des Deckglases beim Färben) auf, auch durch das Löffler'sche Beizverfahren vermochte ich solche Cilien beim Nitratbildner zu färben. Der Nitratbildner färbte sich entschieden schwerer als der Nitritbildner; meist waren gute Präparate erst nach gelindem Erwärmen des Deckglases mit der Farblösung zu erzielen.

In Bezug auf die Züchtungsbedingungen der beiden Mikroorganismen in Lösung und in Gallerte kann ich nur Winogradsky's Angaben bestätigen, nach denen ich ausschliesslich und mit bestem Erfolge gearbeitet habe.

Das Vorhandensein ausschliesslich anorganischer Substanzen ist der Entwicklung am günstigsten; in Bouillon, auch mit den resp. Nährstoffen (kohlensaurem Ammoniak resp. salpetrigsaurem Natron) versetzt kommen beide Mikroorganismen überhaupt nicht zur Entwicklung.

Den Zusatz von Eisen zu den Lösungen (0.4 g schwefelsaures Eisenoxydul p. Liter) habe ich eine Zeit lang vorgenommen, nachher aber wieder fortgelassen, da auch ohne Eisen ein befriedigendes Wachstum erzielt wurde und der entstehende Niederschlag von Eisenoxydhydrat die Untersuchung der Zoogloeen erschwerte.

Beim Zusatz von ad hoc dargestellter und vor der Verwendung durch Aufkochen sterilisierter kohlensaurer Magnesia konnte ich —

1) Archives des sciences biologiques publiées par l'institut impérial de médecine expérimentale à St. Petersbourg. 1892. Tome I. p. 98 u. ff.

ganz wie es Winogradsky beschreibt — sehen, wie die Krümelchen dieses Salzes von den Zoogloeenbildungen des Mikroorganismus umlagert und allmählich gelöst wurden, und zwar war der Verbrauch von kohlensaurer Magnesia ein so starker, dass ich z. B. in einem Erlenmeyerkölbchen im Verlauf von 2 Monaten drei Mal 1,0 g kohlensaure Magnesia zufügen konnte, weil die vorher zugegebene verbraucht war. In späterer Zeit habe ich an Stelle der kohlensauren Magnesia 1,6 ccm einer 10proc. Lösung von wasserfreiem kohlensaurem Natron zu je 100 ccm der Nitritbildner-Lösung in Anwendung gebracht, um in den Nährlösungen nur gelöste Substanzen zu haben, und zwar mit bestem Erfolg. Ein Versuch, 0,4 g wasserfreies kohlensaures Natron hinzuzufügen, schien mir das Wachstum des Nitritbildners zu beeinträchtigen; dieser Zusatz wurde daher in Zukunft unterlassen.

Die Anwendung des kohlensauren Natrons gab mir die Möglichkeit, die fortgesetzte Abnahme der Alkalinität der Nährflüssigkeit während der Lebenstätigkeit des Nitritbildners zu beobachten. Bei längerer Beobachtung wird die Nährlösung gegen Phenolphtaleïn neutral und dann später sauer. Wiederholentlich konnte ich beobachten, dass der Farbenumschlag beim Titrieren von 1 ccm alter Kultur mit Phenolphtaleïn als Indikator erst auftrat nach Zusatz von 0,5—0,6 ccm einer $^1/_{100}$ normalen Kalilauge; die Flüssigkeit war also tatsächlich sauer geworden, während frische mit kohlensaurem Natron angestellte Nitritbildnerlösung alkalisch reagiert. Parallel mit dieser Abnahme der Alkalinität ging die nitrificierende Tätigkeit der Mikroorganismen. Ich habe mehrere Kölbchen mit Reinkulturen des Nitritbildners beobachtet, welche trotz 4 Wochen langen Stehens bei 28° C. ihr Ammoniak nicht ganz verbrauchten, weil ihnen das kohlensaure Salz fehlte; ich konnte die nitrificierende Tätigkeit wieder beschleunigen dadurch, dass ich abermals kohlensaures Natron hinzufügte.

Wenn Godlewski-Krakau[1]) zu dem Resultat gelangt, dass Nitrosomonas-Winogradsky nur freie Kohlensäure zu assimilieren vermag, so sprechen Winogradsky's Erfahrungen, ebenso wie die meinen dafür, dass dieser Mikroorganismus sowohl aus kohlensauren Salzen wie auch aus der freien Kohlensäure seinen Kohlenstoffbedarf zu entnehmen vermag. Eine andere Frage ist aber die, ob er auch den sämtlichen Kohlenstoff derjenigen Kohlensäure assimiliert, welche er durch die zunächst gebildete freie salpetrige Säure aus kohlen-

1) Referat: Centralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 2. 1896. S. 458 u. ff.

sauren Salzen freigemacht hat. Diese Frage glaube ich bei dem relativ hohen Verbrauch an kohlensauren Salzen und der im Verhältnis dazu geringen Menge der gebildeten organischen Substanz verneinen zu müssen:

In einem Kölbchen mit einer Reinkultur vom Nitritbildner, in welchem 2 Monate lang Nitrifikation stattgefunden hatte, und in welchem 0,4 g wasserfreies kohlensaures Natron verbraucht war (die Reaktion war sauer), fand ich — nachdem ich die Zoogloeen-Flöckchen abfiltriert und über Schwefelsäure getrocknet hatte — 0,0016 g lufttrockener organischer Substanz.

Bei Anwendung von kohlensaurem Natron an Stelle der kohlensauren Magnesia konnte ich nämlich ebenso gut Zoogloeenbildung erhalten, wie bei Anwendung der kohlensauren Magnesia, und zwar ohne die störenden Krystall-Partikelchen. Auch bei Anwendung von kohlensaurem Natron tritt beim Eintreten irgend einer Schädigung, wie Mangel an Ammoniaksalz, Mangel an kohlensaurem Natron, schnell Zoogloeenbildung ein; ferner beobachtete ich das Auftreten derselben einmal, als es vergessen war, ein Kölbchen in den Brutschrank zu stellen und dies eine Nacht über bei ca. 10° C. gestanden hatte.

Die Zoogloeen sind weisse, bei älteren Kulturen weiss-gelbliche Flocken ohne eine bestimmte Gestalt; ich konnte sie mit der Platinnadel herausnehmen und, wie oben geschildert, trocknen und wägen. Unter dem Mikroskop sieht man, dass diese formlosen Gebilde aus einzelnen kleinen, kreis- (kugel-) förmigen Konglomeraten von Mikroorganismen bestehen, welche durch eine sich mit Farbstoff weniger intensiv färbende Substanz zusammengehalten werden.

Ein Zoogloeenstadium allein vermochte ich beim Nitritbildner nie zu beobachten, sondern stets gleichzeitig auch ein Monadenstadium: Wenn ich von einer beliebigen meiner Reinkulturen vom Nitrit- oder Nitratbildner, in welchen Zoogloeenflöckchen auf dem Boden schwimmen, ein Tröpfchen von der Oberfläche entnehme und im hängenden Tropfen ansehe, so finde ich darin stets sich deutlich bewegende Organismen; entnehme ich aber ein Flöckchen vom Grunde des Gefässes, so sehe ich erstens in dem Flöckchen selbst absolut unbewegliche Mikroorganismen, ausserdem aber sich munter, wenngleich nicht sehr schnell bewegende, welche neben dem Zoogloeenhaufen umherschwimmen.

Neben diesem für gewöhnlich gefundenen Zustande konnte ich aber, meistens am 7. bis 10. Tage nach dem Anstellen einer frischen

Kultur, bevor Zoogloeenbildung eintritt, die Trübung der Flüssigkeit — wie sie Winogradsky beschreibt — beobachten und zu dieser Zeit im hängenden Tropfen eine so schnelle Bewegung der Mikroorganismen, wie sie vorher und nachher nicht wieder gesehen wird: ganz so wie Winogradsky das Monadenstadium beschreibt.

Beim Nitratbildner vermochte ich ein solches Stadium mit besonders schneller Beweglichkeit nicht zu beobachten; jedoch sehe ich — ebenso wie Winogradsky — das starke Festhaften eines Teils der Mikroorganismen an der Innenfläche des Glasgefässes; letzteres wird dadurch opalescierend. Man kann den ganzen Inhalt des Kölbchens ausgiessen, das Kölbchen mit sterilem Wasser ausspülen und neue nitrithaltige Nährlösung hineinfüllen und nach 4—5 Tagen schon eine deutliche Abnahme der Intensität der Nitritreaktion erkennen und auch im hängenden Tropfen Mikroorganismen in Menge finden.

Auch beim Nitratbildner konnte ich ein Zoogloeenstadium mit Bildung weisser Flöckchen sehen. Das Zoogloeenstadium allein habe ich auch beim Nitratbildner nicht beobachtet, sondern neben unbeweglichen stets auch bewegliche Formen.

Der Nitratbildner verbraucht nach meinen Beobachtungen sehr viel weniger kohlensaures Salz als der Nitritbildner; er löst auch sehr viel weniger kohlensaure Magnesia auf als der Nitritbildner, sodass ich nie in die Lage gekommen bin, von neuem kohlensaure Magnesia einem Kölbchen mit Nitratbildner-Kultur hinzufügen zu müssen, wenn ich solche zur Neutralisierung resp. als Kohlensäurequelle (vergl. oben S. 14) gegeben hatte.

Dagegen war die Umwandlung von Nitrit in Nitrat bei diesem Mikroorganismus eine sehr bedeutende. So hat z. B. ein Kölbchen vom 27. März bis 11. April 0,5 g Natrium nitrosum purissimum (Merck) oxydiert. Dabei ist zu bemerken, dass, wie die betreffende Literatur ergibt, Natrium nitrosum ohne Nitratgehalt im Handel überhaupt fast kaum zu erhalten ist.

Die Nitritbildner-Kulturen verbrauchen 1 ccm einer 10 proc. Lösung von schwefelsaurem Ammoniak durchschnittlich in 12 bis 14 Tagen.

Auch bei der Kieselsäure-Gallerte gelingt es, durch Herausnahme eines Partikelchens derselben und Uebergiessen mit Nessler'schem Reagens resp. Sulfanilsäure-α-Naphtol das allmähliche Schwinden der Ammoniak- resp. Nitritreaktion zu beobachten, wie dies Winogradsky angegeben hat.

Um zu erkennen, welche Ammoniakverbindung der Nitritbildner am leichtesten zu oxydieren vermag, stellte ich folgende Proben an:

1. Nährlösung mit schwefelsaurem Ammoniak.
2. „ „ kohlensaurem „
3. „ „ Natrium-Ammonium-Phosphat.
4. „ „ Ammoniak.

Bei 3 geht die Ammoniakreaktion sehr viel langsamer zurück als bei 1 und 2. Bei 1 trat das Schwinden der Ammoniakreaktion nach 12–14 Tagen, bei 2 nach 10 Tagen ein, bei 3 war sie nach 21 Tagen noch nicht geschwunden. (Wegen eines Versehens konnte das Kölbchen 3 nicht länger beobachtet werden.) Die Versuche mit freiem, nicht an eine Säure gebundenem Ammoniak habe ich später noch einmal wiederholt; es wurde jedesmal soviel Ammoniak verwendet, als 0,1 g schwefelsaurem Ammoniak entspricht, nämlich 0,1 ccm einer 25 proc. Ammoniaklösung.

Es scheint, dass das freie Ammoniak vom Nitritbildner überhaupt nicht oxydiert werden kann. Winogradsky und Omeliansky[1] haben gefunden, dass 0,005 pCt. Ammoniak für die oxydierende Tätigkeit des Nitrobacter hemmend und 0,015 hindernd wirkt. Den Versuch mit phosphorsaurem Ammonium-Natrium wiederholte ich nicht, da jedesmal bei seiner Anstellung Tripelphosphat ausfällt.

Um für die Praxis Anhaltspunkte zu gewinnen dafür, welche chemischen Substanzen aus Krankenhäusern, Fabrikabwässern etc. event. schädigend auf die nitrificierende Tätigkeit der besprochenen Mikroorganismen im Abwasser resp. im biologischen Körper wirken können, erschien es wichtig, eine Reihe von entsprechenden Versuchen anzustellen.

Ich beschäftigte mich daher mit dem Einfluss von Säuren, Phenol, Sublimat und Chlorkalk auf das Wachstum und die nitrificierende Kraft des Nitritbildners.

Es wurde von titrierten Lösungen von

1. Essigsäure,
2. Milchsäure,
3. Oxalsäure,
4. Schwefelsäure,
5. Phenol,
6. Chlorkalk,
7. Sublimat

---

1) Centralblatt f. Bakteriol. Abt. II. Bd. 5. 1899. pag. 329 u. ff.

soviel zu der gewöhnlichen Nitritbildner-Lösung gesetzt, dass in den bezüglichen Kölbchen eine 0,1 proc. Lösung der Substanzen 1—6 enthalten war; bezüglich der Sublimatlösung siehe die Tabelle.

Dass freies (nicht gebundenes) Ammoniak schädigend wirkt, ist oben (S. 17) bereits erörtert.

Versuchsanstellung am 16. 10. 02.

	22. 10.		3. 11.		7. 11.		12. 11.	
	NH_3	N_2O_3	NH_3	N_2O_3	NH_3	N_2O_3	NH_3	N_2O_3
1. 0,1 pCt. Essigsäure	† † †	† Zoogloeen	† † †	† †	† † †	† †	†	† † †
2. 0,1 pCt. Milchsäure	† † †	† wenig Zoogl.	† † †	† †	† † †	† †	†	† † †
3. 0,1 pCt. Oxalsäure.	† † †	†	† † †	† †	† † †	† †	† †	† † †
4. 0,1 pCt. Phenol . .	† † †	† wenig Zoogl.	† † †	† †	† † †	† †	† †	† †
5. 0,1 pCt. Schwefelsäure	† † †	Spur. klar	† † †	†	† † †	†	† †	† †
6. 0,1 pCt. käuflicher Chlorkalk	† † †	0 klar	† † †	†	† † †	†	† † †	† †
7. 0,1 pCt. Sublimat (Es entstand beim Anstellen dieser Lösung ein starker Niederschlag von Mercuriammoniumchlorid [Praecipitat], so dass sicher nur sehr wenig $HgCl_2$ in Lösung blieb) .	† † †	0	† † †	Spur	† † †	†	† † †	†
8. Kontrollkölbchen .	† † †	† † Zoogloeen	† † †	† †	† † †	† † †	0	† † †

In dieser Tabelle bedeutet:

† † † bei Ammoniak: Niederschlag mit Nessler.
† † „ „ starke Gelbfärbung mit Nessler.
† „ „ schwache Gelbfärbung mit Nessler.
† † † bei salpetriger Säure: braunroter Niederschlag mit Sulfanilsäure-Naphtol.
† † „ „ „ tiefrote Färbung.
† „ „ „ deutliche Rötung.
0 keine Reaktion.

Am 7. XI., dem 22. Beobachtungstage waren bei allen Kölbchen ausser dem mit Sublimat und Chlorkalk im hängenden Tropfen bewegliche Mikroorganismen zu sehen und im gefärbten Präparat auch nur dem Nitritbildner gleichende zu finden. Von Anfang an reagierten die Inhalte sämtlicher Kölbchen — bis auf das Kontrollkölbchen, welches alkalische Reaktion hatte — sauer.

Man sieht also, dass 0,1 proc. Lösungen dieser Substanzen die Tätigkeit des Nitritbildners wohl hemmen, aber nicht hindern. Im Allgemeinen wird wohl städtisches Abwasser, wenn überhaupt, kaum jemals mehr als 0,1 pCt. Phenol oder mehr als Spuren von Sublimat enthalten, da von letzterem auch durch die Bestandteile des Abwassers (Seife, Eiweissstoffe etc.) ein grösserer Teil wohl gebunden werden wird. Trotz des erwähnten Niederschlags war der schädigende Einfluss des Sublimats der grösste.

Dieselbe Versuchsreihe mit 0,5 proc. Lösungen ergab eine Verhinderung des Wachstums und der Wirkung des Nitritbildners: in keinem Falle wurde Zoogloeenbildung beobachtet. Nur bei 0,5 proc. Essigsäure war nach 20 Tagen eine deutliche Nitritbildung zu konstatieren.

Interessant für die Biologie des Nitritbildners ist es, dass derselbe auch in von Anfang an sauren Lösungen sich vermehren und nitrificieren kann, besonders wenn es sich um organische Säuren in schwachen Koncentrationen handelt, während 0,1 proc. Schwefelsäure schädlicher gewirkt hat.

Eine Impfung des Nitritbildners in eine phosphorsaures Kali, schwefelsaures Ammoniak und Kochsalz nach Winogradsky enthaltende Flüssigkeit unter Weglassung eines kohlensauren Salzes führte — jedoch nur sehr langsam — zu einer Nitritreaktion.

Um nun weiter zu erkennen, ob beim Hindurchleiten von ammoniaksalzhaltigen Flüssigkeiten durch Sand oder Ackererde, ferner durch Koks, physikalische Kräfte eine Oxydation des Ammoniums herbeizuführen vermögen, stellte ich folgende zwei Versuchsreihen an:

1. Sand wurde gründlich gewaschen und 1 Stunde lang im Glühofen geglüht, nach dem Abkühlen in 2 Scheidetrichter getan. Durch das Glühen hatte der Sand eine stark alkalische Reaktion angenommen, welche allein durch fortgesetztes Auswaschen mit sterilem destillierten Wasser nicht entfernt werden konnte. Der Sand wurde daher mit Salzsäure behandelt, nachher mit steriler Lösung von kohlensaurem Natron neutralisiert und dann mit sterilem destillierten Wasser ausgewaschen.

Trichter I ($^1/_2$ l Sand enthaltend) wurde mit 15 ccm einer gut oxydierenden Reinkultur vom Nitritbildner geimpft.

Trichter II (gleich gross) wurde nicht geimpft.

Zu beiden Trichtern setzte ich 21 Tage lang täglich Winogradsky'sche Nitrosomonas-Nährlösung; dieselbe wurde 1—2 Stunden im Sande gelassen, dann liess ich ablaufen. (NB. Die Scheidetrichter hatten über dem Ablaufhahn etwas sterile Glaswolle, um das Herausfallen des Sandes zu verhüten.)

Dabei zeigte das Wasser aus Trichter I, nachdem das Nitrit, welches in der Impfflüssigkeit naturgemäss enthalten war, ausgewaschen war, zuerst schwache,

dann immer stärker werdende Nitritreaktion, aber stets auch Ammoniakreaktion, dagegen keinen Gehalt an Nitrat.

Bei Trichter II war niemals eine Nitrit- oder Nitratreaktion wahrzunehmen, sondern stets nur Ammoniakreaktion und zwar ohne Abnahme der Intensität. —

Ferner wurden zwei je $1^1/_2$ l fassende Scheidetrichter mit sandigem Ackerboden beschickt, welcher zuvor 8 Tage lang täglich 2 Stunden lang im Dampftopf strömendem Dampf ausgesetzt worden war. Nachdem eine Gelatineplatte, die von einer Probe dieses Sandes gegossen war, 3 Tage lang steril geblieben war, wurde:

Trichter I mit 10 ccm einer gut oxydierenden Reinkultur des Nitritbildners geimpft.

Trichter II blieb ungeimpft.

Beide Trichter wurden dann anfangs täglich mit einer 0,1 proc. sterilisierten Lösung von schwefelsaurem Ammoniak gefüllt; später wurde, um den Verhältnissen im Abwasser näher zu kommen, eine 0,025 proc. Lösung dieses Salzes gewählt. Die Flüssigkeit wurde 2—3 Stunden in den mit dem Sand gefüllten Trichtern belassen, dann liess ich sie ablaufen.

Das ablaufende Wasser von Trichter I zeigte von Anfang an eine sehr starke Nitritreaktion.

Das aus Trichter II ablaufende Wasser zeigte niemals auch nur eine Spur von Nitrit oder Nitrat.

Nach 28 Tagen wurde der mit Nitritbildner geimpfte Sand des Scheidetrichters I noch ausserdem mit 5 ccm einer gut oxydierenden Reinkultur des Nitratbildners geimpft und dann täglich weiter mit 0,025 proc. schwefelsaurer Ammoniaklösung — wie oben beschrieben — gefüllt, und die Lösung nach 2 Stunden ablaufen gelassen. Das ablaufende Wasser zeigte von jetzt ab neben der nun schwachen Nitritreaktion auch eine sehr starke Nitratreaktion.

2. Die gleichen Versuche wurden dann in den letztgenannten Scheidetrichtern mit steriler Koksschlacke von einer Körnergrösse von 3—8 mm wiederholt, aber von Anfang an mit 0,025 proc. Lösung von schwefelsaurem Ammoniak. Das Resultat war das gleiche wie bei den vorigen Versuchen: In der sterilen, nicht geimpften Schlacke zeigte sich ebenfalls keine Nitrit- oder Nitratreaktion.

Durch diese Versuche glaube ich bewiesen zu haben, dass man eine chemische oder physikalische, das Ammoniak eines Ammoniaksalzes oxydierende Einwirkung des Sandes, der Ackererde oder der Koksschlacke anzunehmen nicht berechtigt ist, dass vielmehr diese Oxydation allein durch die beiden von Winogradsky im Boden gefundenen, nitrificierenden Mikroorganismen besorgt wird. Damit stimmt auch die Tatsache überein, dass neuangelegte biologische Filter sich erst „einarbeiten“ müssen. Mit Rücksicht auf die Salpetersäurebildung denke ich mir das „Einarbeiten“ so, dass erst eine genügende Menge der Winogradsky'schen nitrificierenden Organismen sich an der Oberfläche des Koks resp. Sandes etc. angesiedelt haben muss, ehe eine energische Nitrifikation zu erwarten ist.

In England ist man teilweise so weit gegangen, neben anderen

Digitized by Google

an die Oxydationskörper zu stellenden Forderungen auch eine bestimmte Menge Salpetersäure in den Abflüssen aus den Filtern zu verlangen. Die Wertschätzung des Kläreffekts nach der Menge der in den Abflüssen nachweisbaren Salpetersäure ist zur Zeit noch strittig. Jedenfalls aber würde es sich empfehlen, durch den Versuch festzustellen, ob durch künstliche Impfung neu angelegter biologischer Körper mit nitrificierenden Mikroorganismen die Zeit der „Einarbeitung" der Körper abgekürzt werden kann.

Aehnliche Vorschläge sind schon von Dibdin, Scott-Moncrieff u. A. gemacht; ob tatsächlich Versuchsausführungen vorgenommen sind, ist nicht bekannt geworden. Seitens unserer Anstalt sind dahingehende Versuche in Aussicht genommen.

Bemerken möchte ich zum Schlusse noch, dass ich in Ergänzung der oben (S. 17) genannten Versuche damit beschäftigt bin, den Einfluss einiger weiterer im Fabrik- etc. Abwasser vorkommender Stoffe auf die Lebensbedingungen der nitrificierenden Mikroorganismen zu studieren.

Kurz zusammengefasst lassen sich als Ergebnisse meiner Arbeit folgende Sätze aufstellen:

1. Im Koks der biologischen Filter finden sich die Winogradsky-schen nitrificierenden Mikroorganismen.

2. Zu ihrer Isolierung empfiehlt sich sehr die von Winogradsky angegebene Kieselsäure-Gallerte.

3. Die Winogradsky'schen Mikroorganismen werden den Filtern durch das Abwasser selbst zugeführt (womit nicht ausgeschlossen sein soll, dass auch eventuell auf anderem Wege kleinere Mengen der nitrificierenden Organismen in die Filter gelangen können); sie wurden im Berliner Abwasser sowohl wie in Berliner Brunnen- und Leitungswasser von mir festgestellt.

4. Andere nitrificierende Mikroorganismen als die Winogradsky-schen habe ich im Koks der biologischen Filter nicht aufzufinden vermocht.

5. Sterilisiertes, ammoniaksalzhaltiges Abwasser, beliebig lange aufbewahrt, verliert sein Ammoniak nicht, wohl aber verliert es dieses, wenn es mit dem Nitrit- resp. Nitrit- und Nitratbildner geimpft wird. Die dann gebildete salpetrige resp. Salpetersäure bleibt dann beliebig lange in dem resp. Wasser zu beobachten.

6. Nicht sterilisiertes Abwasser, ohne Impfung aufbewahrt, ver-

liert seinen Ammoniakgehalt mit der Zeit; es tritt Bildung von salpetriger und Salpetersäure auf, und diese verschwinden nach längerer Zeit wieder (Denitrifikation).

7. Das Temperatur-Optimum für die nitrificierenden Mikroorganismen liegt bei 28—30° C. Bei 53° eine Viertelstunde gehalten, werden diese Mikroorganismen geschädigt (zeigen keine Eigenbewegung im hängenden Tropfen mehr), erholen sich aber bei 28° dann wieder und vermögen weiter zu nitrificieren. Bei 60—65° werden diese Mikroorganismen in $^3/_4$ Stunden abgetötet.

8. Geringe Mengen von organischen Säuren (wie Essig-, Oxal-, Milchsäure), bis zu 0,1 pCt., schädigen das Wachstum der nitrificierenden Organismen wenig und verlangsamen ihre nitrificierende Tätigkeit nur; ebenso ein Gehalt an käuflichem Chlorkalk bis zu 0,1 pCt.; ebenso ein Gehalt bis zu 0,1 pCt. Phenol.

9. 0,5 proc. Lösungen der oben genannten organischen, sowie anorganischer Säuren, sowie von Phenol und käuflichem Chlorkalk hindern Wachstum und Nitrifikation völlig.

10. Nicht an Säuren gebundenes (freies) Ammoniak vermag der Nitritbildner nicht irgendwie nachweisbar anzugreifen; auch hemmt resp. hindert es sein Wachstum.

2.

Beiträge zur biologischen Wasserbeurteilung.

a) Trinkwasseruntersuchung.

Berichterstatter: Privatdocent Dr. **Kolkwitz,**
Wissenschaftliches Mitglied der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Im folgenden soll eine biologische Methode geschildert werden, welche geeignet ist, in Zukunft gelegentlich eine gewiss recht nützliche Rolle bei Untersuchung von Trinkwässern zu spielen: nämlich die Filtration durch das Planktonnetz.

Es handelt sich um einen Fall, in welchem zum Zweck der Trinkwasserversorgung einer isoliert liegenden Anlage Wasser einem Flüsschen entnommen wurde, um zunächst in ein Hochreservoir gepumpt und von hier aus in Trinkwasserständer verteilt zu werden. Auf diesem Wege war in die Zuleitungsrohre zu den Ständern je ein Kohlefilter in Form eines soliden Cylinders eingeschaltet; vor jedes Filter war noch Badeschwamm und zerkleinerte Kohle vorgepackt. Auf diese Weise glaubte man eine für Genusszwecke genügende Filtration des Wassers zu erreichen. Das Wasser aus den Ständern war lange Zeit bereits benutzt worden, ohne dass seine Beschaffenheit zu Klagen irgendwelcher Art Anlass gegeben hätte resp. dass Gesundheitsschädigungen in Folge des Genusses des Wassers zur Kenntnis gekommen wären.

Es soll noch bemerkt werden, dass einige Kilometer oberhalb der Stelle, aus welcher das Trinkwasser dem Flusse entnommen wurde, die Gelegenheit zu Verunreinigungen des letzteren mit städtischen Abfallstoffen gegeben war.

Als die Anstalt bei Gelegenheit des Einganges einer Probe aus den betreffenden Trinkwasserständern zur Untersuchung Kenntnis von

Digitized by Google

diesen Verhältnissen erhielt, stand es selbstverständlich für sie fest, dass die betreffende Anlage in hygienischer Beziehung durchaus zu beanstanden sei; denn es ist bekannt, dass durch Kohlefilter, welche in quantitativer Beziehung längere Zeit befriedigendes leisten, krankheitserregende Bakterien nicht genügend zurückgehalten werden. Auf besonderen Wunsch des Einsenders jedoch fand sowohl eine chemische Untersuchung des eingesandten Wassers als auch eine Prüfung der Verhältnisse an Ort und Stelle statt.

In ersterer Beziehung ergab sich, wie zu erwarten war, u. a. ein ziemlich hoher (dem benutzten Flusswasser entsprechender) Permanganatverbrauch, nämlich zwischen 30 und 40 mg pro Liter.

Die bei Gelegenheit der Ortsbesichtigung vorgenommene bakteriologische Prüfung ergab, dass das Wasser vor den Filtern ca. 1300 Keime pro Kubikcentimeter enthielt, hinter denselben ca. 500.

Die eingangs erwähnte Planktonuntersuchung wurde in der Weise ausgeführt, dass ca. $^1/_4$ cbm des aus den Ständern ausströmenden Wassers durch das Planktonnetz filtriert und der Rückstand mikroskopisch untersucht wurde. Dabei fanden sich neben anorganischen Partikelchen folgende Organismen im lebenden Zustand:

Nauplius (Krebschenlarve).
Anuraea cochlearis (Rädertier).
Polycystis aeruginosa.
Merismopedia glauca.
Chroococcus limneticus.
Tetrapedia emarginata.
Pediastrum duplex.
Cohniella staurogeniaeformis.
Kirchneriella lunata.
Actinastrum hantzschi.
Trachelomonas volvocina.
Phacotus lenticularis.
Surirella biseriata.
Cyclotella comta.

(Polycystis aeruginosa bis Cyclotella comta: Algen.)

Die weiter festgestellte Tatsache, dass diese Gattungen und Arten auch im Plankton des Flusses zu finden waren, liefert auf's überzeugendste den Beweis dafür, dass diese Organismen tatsächlich mit dem Flusswasser durch die Filteranlage hindurchgegangen sind. Wir sehen also, dass neben den Bakterien auch 14 verschiedene Gattungen höher organisierter und grösserer Lebewesen die Filteranlage passiert

haben, wenn auch nur in verhältnismässig wenigen Individuen. Da manche dieser Organismen einen hundertmal grösseren Durchmesser haben als die meisten Bakterien (speciell z. B. auch als Bacillus typhi), so geht hieraus zur Evidenz die völlige Unzulänglichkeit der genannten Filteranlage hervor. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass alle diese Organismen den Kohlepflock passiert hätten; es wäre auch möglich, dass beim Montieren der Filter seitlich kleine Lücken geblieben sind. Jedenfalls ist durch unsere Untersuchung erwiesen, dass auch in dem vorliegenden Falle die Kohlefilteranlage nicht die Wirkung gezeigt hat, die bei ihrer Einrichtung von ihr erhofft worden ist[1].

Fragen wir nun, welche Tragweite und welche besonderen Vorzüge die Planktonmethode hat, so eröffnen sich, wie uns zahlreiche Untersuchungen gezeigt haben, beachtenswerte Ausblicke.

In dem vorstehend geschilderten Beispiel hätte sie allein genügt. Eine mikroskopische Untersuchung an Ort und Stelle von nur wenigen Minuten würde sogleich nach der Probeentnahme ein vollgültiges Resultat geliefert haben. In anderen Fällen kann die Methode in Verbindung mit der zu den genannten Zwecken bisher geübten bakteriologischen nutzbringend zur Anwendung kommen. Auch hierfür liegen der Anstalt bereits Beispiele vor, auf die aber hier nicht näher eingegangen werden kann.

Die Planktonmethode hat den wesentlichen Vorzug, dass sie von kleineren, störenden Nebenumständen, wie Stagnation im Röhrensystem, toten Leitungsarmen u. s. w. im Gegensatz zur bakteriologischen Untersuchung unabhängig ist. Weiter kann die Entnahme des Planktons auch von Laien nach entsprechender kurzer Anleitung einwandsfrei in Vorbereitung der wissenschaftlichen Untersuchung ausgeführt werden. Ein Planktonnetz z. B. unter ein Brunnenauslaufrohr zu halten, ist schliesslich eine Manipulation, die nach entsprechender Anleitung jeder vorzunehmen imstande ist. Der im Netz gesammelte Rückstand kann dann leicht in ein Gläschen gebracht und zur Untersuchung versandt

1) In neuerer Zeit sind kleine Kohlefilter hergestellt worden, welche zwar planktondicht, doch quantitativ wenig ergiebig arbeiten. (Vergl. hierzu Rich. Volk, Die bei der Hamburgischen Elbe-Untersuchung angewandten Methoden zur quantitativen Ermittelung des Planktons. Mitteil. aus dem Naturhistorischen Museum. XVIII. Hamburg 1901. S. 153.) Nach brieflicher Mitteilung des Herrn Volk arbeiten diese Filter nicht bakteriendicht.

Digitized by Google

werden: diese selbst kann natürlich nur ein erfahrener Fachmann vornehmen.

Für die Versendung solcher Planktonproben aus Reinwasser, die ja nur relativ wenige Organismen enthalten, kommt weiter der günstige Umstand in Betracht, dass derartiges Plankton sich längere Zeit ziemlich unverändert hält, d. h. oft 48 Stunden und länger lebend bleibt und sich während des Transportes nicht vermehrt, wenigstens nicht in irgendwie nennenswerter Weise.

Die neue Untersuchungsweise ist nach unseren, bei anderen Gelegenheiten gewonnenen Erfahrungen weiter anwendbar auch bei Ermittelung eventuell bestehender Kommunikationen zwischen Flusswasser und Grundwasserströmen; ihre Anwendung ist überhaupt überall da von Wert, wo gröberes Filtermaterial ein Reinwassersammelbecken von gewöhnlichem Oberflächenwasser auf nicht zu weite Entfernungen trennt. Man wird in solchen Fällen oft leicht feststellen können, ob neben Bakterien auch andere, grössere Organismen des Wassers — z. B. die oben aufgezählten — die in Frage stehenden Schichten passieren. Wir selbst gewannen durch solche Untersuchungen bereits in einer grösseren Reihe von Fällen der Praxis überraschende Resultate, indem das Passieren grösserer Lebewesen des Oberflächenwassers uns das Vorhandensein gröberer Poren lehrte, die man vorher nicht vermutet hätte, von Spalten und Rissen natürlich ganz abgesehen.

Durch solche Befunde wird man auch, wie es z. B. in dem oben citierten Falle der Praxis zutraf, oft hinreichende Aufklärung finden für das Vorhandensein eines höheren Keimgehaltes.

Als Vorzug der Methode hat sich weiter herausgestellt, dass der Nachweis von beweglichen, mit dem blossen Auge sichtbaren Lebewesen, wie es z. B. die Kleinkruster und deren Larven sind, oft eindrucksvoller manche ungeahnten Mängel demonstriert, als es durch mehr Zeit erfordernde Untersuchungsmethoden gewonnene Resultate tun. Dabei ist selbstverständlich vorausgesetzt, dass es absolut sicher ist, dass die gefundenen Organismen sich nicht etwa hinter der filtrierenden Schicht in dem Wasser gebildet haben können. Der Nachweis hierfür ist im allgemeinen für den Kenner leicht zu erbringen, zumal wenn auch chlorophyllhaltige Organismen, wie z. B. Algen, gleichzeitig das Filtermaterial passiert haben. Deshalb sind auch die in dem eingangs beschriebenen Beispiel festgestellten Algen speciell aufgezählt worden.

Findet man nun in eingesandten Wasserproben, etwa als Boden-

satz in den Flaschen, bei der mikroskopischen Untersuchung specifische Planktonorganismen, so wird man dadurch schon wertvolle Fingerzeige bezüglich event. bestehender Kommunikationen der betreffenden Entnahmestelle mit offenen Wasserläufen gewinnen können. Indessen soll nicht unerwähnt bleiben, dass bei Untersuchung solcher eingesandten Proben derartige Befunde manchmal irreleiten können. Handelt es sich z. B. um Wasser aus einem offenen Kesselbrunnen, und findet man darin Planktonorganismen, so wäre, falls nicht ein gleichfalls eingesandter Fragebogen offenbar auf das Bestehen einer Kommunikation des Brunnens mit einem Fluss, Teich oder See schliessen liesse, zuvor anzufragen, ob nicht mit den zur Entnahme des Brunnenwassers verwendeten Eimern gelegentlich auch einmal aus einem benachbarten Oberflächengewässer geschöpft wird. Auf solche Weise könnten natürlich Planktonorganismen auch in einen solchen Brunnen gelangen, der mit keinem Oberflächenwasser in unmittelbarer Verbindung steht.

b) Fluss-Schlamm-Untersuchungen.

Berichterstatter: Professor Dr. **Marsson**,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung.

Sowohl bei chemischen als auch bei biologischen Untersuchungen der natürlichen Gewässer wurde bis in die letzte Zeit hinein dem Schlamme des Grundes wenig Bedeutung geschenkt. Erst die Anwendung von bei marinen zoologischen Untersuchungen verwendeten Apparaten, wie besonders der Dredge (Dretsche), gewährte auch im Süsswasser, namentlich in Flussläufen, einen Einblick in die Beschaffenheit der Sohle. Mit Hülfe der Dredge oder besser zu deutsch der „Grundschleppe" oder des „Schrapnetzes" gewinnt man ein Urteil, in welchem Grade sich stattgehabte Verunreinigungen in dem gegenwärtigen Zustande des zu untersuchenden Gewässers ausprägen.

Zur Technik der Bodenfänge sei vorerst bemerkt, dass neben der Grundschleppe von uns stets ein Sieb mitgeführt wird, welches vermöge seiner viereckigen und länglichen Form durch Halter am Bootrande bequem zu handhaben ist; auf dieses gelangt sofort der Inhalt des an der Grundschleppe befindlichen Netzes. Nachdem Proben des Schlammes für chemische und biologische Untersuchungen in grosse

Digitized by Google

weithalsige Flaschen gebracht sind, findet auf der Wasseroberfläche ein Absieben des Schlammes statt (je nach der Konsistenz desselben auf einem weit- oder engmaschigen Sieb, welches im Rahmen ausgewechselt werden kann). Die Vertreter der gröberen Fauna, lebend oder abgestorben, ebenso Pilzmassen und grüne Pflanzen bleiben nach dem Abschlemmen zurück.

Was die Befunde angeht, die man mit der Grundschleppe erhebt, so konstatiert man an einer Strecke beispielsweise reinen Flusssand mit lebensfrischen Muscheln und gewissen Wasserschnecken, an anderen Stellen Anhäufungen von faulenden Wasserpflanzen mit Limnaeen, Paludinen und anderen Schnecken; unterhalb von Einflüssen städtischer Abwässer oder solcher von landwirtschaftlichen Fabriken findet man Pilzmassen wie von Sphaerotilus und Leptomitus, ferner grössere Anhäufungen von Schlamm, sogenannte Schlammbänke, die oft als stinkend befunden werden, und bei genügendem Sauerstoffgehalte des darüber fliessenden Wassers Insektenlarven, namentlich Chironomiden, sowie unzählige Würmer, wie Nematoden, Tubificiden und andere Schlammwürmer.

Je nach dem Auffinden gewisser Tiere und Pflanzen, unter welchen die Protozoen und Algen eine grosse Rolle spielen, wird man erkennen können, ob eine starke, eine geringe oder gar keine Verunreinigung stattgefunden hat[1]).

In manchen Fällen ist der Schlamm ohne jegliches tierische und pflanzliche Leben. Dann hat meist keine Verunreinigung mit fäulnisfähiger oder faulender organischer Substanz stattgefunden, sondern es haben Säuren oder Alkalien oder sonstige Effluvien aus chemischen Fabriken alle Lebewesen abgetötet.

Es sei hier, um die Schädigung des Flussgrundes durch Chemikalien zu illustrieren, ein markantes Beispiel aufgeführt:

Es wird in einer hart an einem Vorfluter mit geringer Stromgeschwindigkeit gelegenen Fabrik Roh-Naphtalin auf Naphtol und auf Naphtylamin verarbeitet; als Zwischenprodukte werden Nitronaphtalin und schweflige Säure gewonnen. Demgemäss scheiden sich die Abwässer in zwei Gruppen, welche für sich besonders behandelt und auch gesondert abgeleitet werden. Durch die eine Leitung (I) fliessen

1) Kolkwitz und Marsson, Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Heft 1 dieser „Mitteilungen". Berlin 1902.

Digitized by Google

die Abwässer aus der Naphtol- bezw. Schwefligsäurefabrikation, durch die andere (II) die Abwässer aus der Darstellung von Nitronaphtalin zum Zwecke der Gewinnung von Naphtylamin.

Die schweflige Säure wird durch gefällten Braunstein und nach weiterer entsprechender Behandlung mit Aetzkalk in Kläranlagen in ausreichendem Maasse unschädlich gemacht; dagegen scheinen die Vorrichtungen zur Beseitigung des Naphtalin und dessen Derivaten mangelhafte zu sein. In früheren Privat-Gutachten war die Wasserführung des Vorfluters als eine genügende bezeichnet worden, um die bereits durch Kühl- und Kondenswasser verdünnten und durch die Leitung II abfliessenden Wässer derart weiter zu verdünnen, dass sie demselben nicht schaden können; ebenso wurde von uns durch specielle Versuche konstatiert, dass die bei der Besichtigung der Fabrik aus den Revisionsschächten entnommenen, ziemlich farb- und geruchlosen Proben keinen schädlichen Einfluss auf solche Fische ausübten, wie sie in dem betreffenden Vorfluter sonst vorkommen: als jedoch mehrere Stunden nach der Fabrikbesichtigung bei der biologischen Untersuchung des Flusses unser Boot sich der Einflussstelle näherte, strömten braune und stark getrübte Effluvien aus.

Nachdem das Bollwerk mit dem Pfahlkratzer untersucht und Plankton gefischt war, wurde Bodengrund mit der Grundschleppe, welche stets 10—20 m lang zog, heraufbefördert. Der mit diesem Apparate mehrere hundert Meter oberhalb der Fabrik gehobene Schlamm verhielt sich völlig normal; Muscheln (nicht bloss Dreissensia, sondern auch Malermuscheln, Unio pictorum) waren reichlich vorhanden und völlig lebenskräftig. Der Schlamm behielt seinen normalen Geruch auch nach mehrtägigem Stehen in verschlossener Flasche. Der mehr in der Nähe der Fabrik, etwa 100 m oberhalb derselben entnommene Schlamm dagegen wies nur wenig lebende Organismen auf; Mollusken fanden sich in ihm gar nicht vor. Mit Wasser in einer weiten Flasche geschüttelt und 24 Stunden bei Seite gestellt, zeigte der Schlamm auf seiner Oberfläche eine gelbliche Schicht; dieselbe bot, mit der Pipette abgehebert, einen schwachen, aber doch charakteristischen Geruch nach Nitronaphtalin. Es war also schon eine so weite Strecke oberhalb der Fabrik im Schlamme die Einwirkung der Abwässer aus der Leitung II bemerkbar. Die mitenthaltenen Polycystis-Kolonien und die Kieselalgen waren nach 24 stündigem Stehen abgestorben.

Der dicht unterhalb der Fabrik (gleich unterhalb der Leitung II)

gehobene Schlamm roch äusserst stark nach Nitronaphtalin bezw. Naphtalin und war ganz ohne Leben. Im koncentrierten frischen Plankton, welches neben vielen Algen auch kleine Krebschen, wie Cyclops und Diaptomus, enthielt, und welches mit dem intensiv riechenden Schlamm vermischt wurde, starben alle Organismen schnell ab. Auch 100 und 200 m weiter unterhalb zeigte der Schlamm noch den charakteristischen Naphtalingeruch; gleichfalls liessen sich in den mitgenommenen Proben bei der mikroskopischen Untersuchung noch zahlreiche Plättchen von Naphtalin oder dessen Derivaten nachweisen. Durch Destillation dieses Schlammes ist es gelungen, nicht unbedeutende Mengen von reinem Naphtalin zu gewinnen, die sich in der Sammlung der Anstalt befinden. Lebende Wesen fehlten an den genannten Stellen gänzlich. 200 m unterhalb traten vereinzelte Nematoden auf. Ungefähr 350 m unterhalb verlor der Schlamm den scharfen Geruch; jedoch war hier in einem 30 m langen Dretschezug nach sorgfältigem Absieben des Schlammes auf dem Wasser keine einzige Schnecke oder Muschel aufzufinden. Sonach bot der Bodengrund des Flusses noch 350—400 m unterhalb der Abwässerausflüsse keine Lebensbedingungen für die gröbere Fauna. An dieser Stelle hatten sich auch grössere Schlammmengen zu umfangreichen Bänken abgesetzt.

In einem Abstande von 50—60 m von der Ausflussstelle der Abwässer nach der Mitte des Flusses zu wurde noch eine stark nach Naphtalinderivaten riechende Masse konstatiert, welche bei dem Heraufziehen der Dretsche im weiten Umkreise der Flussoberfläche sofort eine ölige Schicht verbreitete; natürlich war auch dieser Schlamm ohne Leben; alle in ihm befindlichen Diatomaceen waren abgestorben, ebenso starben die mit ihm vermischten Organismen schnell ab.

Das gegenüberliegende Flussufer erwies sich dagegen als von normaler Beschaffenheit; grosse Mengen von Muscheln, namentlich Dreissensien, bedeckten den meist schlammfreien Bodengrund, und grüne Wasserpflanzen ragten am Ufer hervor.

Allein auf Grund der Schlammuntersuchungs-Resultate also konnte, was durch die frühere chemische Untersuchung des Abwassers nicht möglich war, eine Schädigung des Vorfluters auf gewisse abgegrenzte Strecken hinaus festgestellt und bewiesen werden, dass mit einem bestimmten Grade der Verdünnung der schädlichen Abwässer durch die Kühl- und Kondenswässer und mit einer gleichmässigen Mischung durch dieselben sicher nicht zu rechnen ist. Aus der Leitung II,

also aus dem Fabrikationsbetriebe des Nitronaphtalin, fliessen Substanzen sowohl in gelöstem, als auch in ungelöstem Zustande in den Fluss, welche geeignet sind, diesen zu schädigen. Sie vermischen sich mit dem Plankton, töten es ab und sinken, selbst wenn noch von öliger Natur, mit demselben zu Boden; das letztere geschah schon an der Ausflussstelle, aber auch noch in einem Umkreise bezw. einer Entfernung von mindestens 400 m unterhalb der Ausflussstelle. Besonders bringen die Effluvien auch die in der Nähe des Abwasserausflusses vorhandene Fauna zum Absterben, oder sie bewirken, dass die gröbere Fauna, namentlich die Muscheln und Schwämme, wie solche oberhalb massenhaft konstatiert wurden, noch 500 m unterhalb gelegene Uferstrecken vollständig meiden. In gleicher Weise wie die Fauna wird auch die Flora des Ufers wie des Flusses geschädigt. Nicht allein die grünen und blaugrünen Algen und die Moose fehlten an dem unteren Bollwerk, sondern auch die im Wasser treibende Mikroflora, das Phytoplankton, wird anscheinend durch den Abwasserstrom der Leitung II oft genug abgetötet, wie das Leben im Flussgrunde auf eine grosse Strecke geschädigt wird.

Alle die Lebewesen aber, die höheren, wie die auf niedrigerer Stufe stehenden, sind für die Gewässer von grosser Wichtigkeit: die Pflänzchen als Sauerstoffproducenten, die gröbere Fauna als Faulschlammfresser und Detritusvertilger. Die Abtötung der Organismen bedingt ausserdem eine Vermehrung des Schlammes, während dieser normalerweise durch die ersteren vermindert wird. Diese Umstände fallen doppelt ins Gewicht bei geringer Stromgeschwindigkeit des Vorfluters. Ein schnell fliessender Strom schafft immer neue Mengen von reinigendem Plankton herbei und verteilt die schädlichen Massen auf grössere Entfernungen, während wir in dem besprochenen speciellen Falle um die Ausflüsse der Fabrik herum in einer gewissen Zone den verunreinigenden Schlamm angehäuft gefunden haben.

Um noch ein weiteres Beispiel für die Wichtigkeit der Schlammuntersuchungen anzuführen, möge kurz berichtet werden, dass in einem Industriegebiete des westlichen Teils der preussischen Monarchie ein völlig verschlammter, ziemlich schmaler Flusslauf auf 30 km untersucht wurde. Die Selbstreinigung desselben wurde sehr erschwert durch zahlreiche eingeschaltete Wassermühlen, deren Besitzer bei der geringen Wasserführung des Flusses gezwungen sind, diesen für längere Zeit aufzustauen, um die nötige Triebkraft für das Wasserrad zu erhalten. Je länger das Wasser stagniert, also ohne

Strömung über den viel organische Substanz enthaltenden Schlammmassen in Ruhe verharrt, desto grösser wird, namentlich in der warmen Jahreszeit, die Zersetzung und faulige Gärung der letzteren sein, wobei die Zersetzungsgase (Kohlenwasserstoffe, Kohlensäure, Wasserstoff u. s. w.) in grossen Blasen an die Oberfläche steigen. Dem Wasser wird durch die genannten Zersetzungsvorgänge fast vollständig der Sauerstoff entzogen, der für das Leben im Flusse von absoluter Notwendigkeit ist; eine Verarbeitung des Schlammes, wie sie normalerweise unter Mithülfe unzähliger Vertreter der gröberen Fauna stattfindet, kann unter solchen Umständen, wie es auch in dem vorliegenden Falle tatsächlich festgestellt wurde, nicht oder nur zum ganz geringen Teile statthaben. Der faulende Schlamm wurde bei Aufhebung des Mühlenstaues und gleichzeitige Aufwirbelung des Wassers stets weiter stromabwärts befördert; an einzelnen Stellen hatte er sich in so grossen Mengen angehäuft, dass er aus dem Wasser hervorragte.

Auf der ganzen Strecke des untersuchten Flusslaufes war es interessant, konstatieren zu können, in welcher Weise die verschiedenartigen Influvien, sowohl städtische wie gewerbliche, schädigend wirken, und an welchen Stellen der Beginn einer Selbstreinigung des Flusses sich bemerkbar macht. Für die letztere giebt besonders das Auffinden gewisser Species von Grunddiatomaceen charakteristische Beweise; ebenso kommt die Fauna des Schlammes in Betracht. Unterhalb schädlicher gewerblicher Zuflüsse war dieser häufig ohne jegliches Leben; erst allmählich stellten sich wieder Würmer, besonders Tubificiden, ein, ebenso Insektenlarven; schliesslich traten auch grüne Algen auf, wie Closterium- und Pediastrum-Arten, Spirogyren u. a. Abwasserprotozoen waren auf dem Schlamme im ganzen Gebiete zu finden, besonders Carchesium lachmanni. Hatte eine Schädigung durch Zufluss von Säuren statt, so zeigten eine solche die zahlreichen Carchesiumstiele an, welchen die lebenden Köpfe fehlten. Wasserpilze wie Sphaerotilus und Zoogloea ramigera orientierten über die Menge der zugeführten organischen stickstoffhaltigen Substanz, Schwefelpilze (Beggiatoen) über die Schwefelwasserstoff erzeugende Zersetzung des Schlammes. Nicht selten war der letztere mit gewissen Oscillatorien oder Euglenen bedeckt. Bei noch stärkeren Fäulnisprocessen fanden sich zahlreiche Spirillen und verschiedene Monadenarten.

Die chemische Untersuchung der Schlammmassen wurde zu Hülfe

gezogen, um den Zufluss der im Bezirke häufig verwendeten billigen schwarzen Schwefelfarben (Thionine) zu konstatieren durch Ausziehen reinen Schwefels aus dem getrockneten Schlamm; gleichfalls konnte in demselben sehr viel Eisen nachgewiesen werden. Unterhalb von Wollwäschereien enthielt der lufttrockene Schlamm über 3 % Fett, welches den typischen Geruch von Wollschweiss hatte, und aus welchem Krystalle von Cholesterin isoliert worden sind. Grössere Mengen von Tonerde deuteten auf Walkerde hin.

Wichtig war auch die mikroskopische Untersuchung des Schlammes, insofern die verschiedenartigen Textilfasern, teils frisch, teils in Zersetzung begriffen, erkannt wurden.

Erst ca. 8 km unterhalb der letzten schädigenden gewerblichen Zuflüsse fand eine durchgreifende Selbstreinigung statt; in dem nicht mehr stinkenden Schlamm wuchsen Wasserpflanzen, welche mit Laich von Insekten und Cocons von Würmern besetzt waren, ein Beweis, dass die betreffenden Muttertiere das Wasser für ihre Nachkommen als nicht mehr schädlich ansehen, da diese nicht blos als Eier, sondern bei den Insekten im Larvenstadium ihre Entwickelung im Wasser durchmachen und vollenden. Auf anderen Blättern fanden sich reichlich grüne Algen. Treibende Blätter, welche in fauliger Zersetzung begriffen waren, stammten aus dem oberen stärkeren Verschmutzungsgebiete; auf ihnen sind die ursprünglich anhaftenden Abwasserorganismen erster Ordnung, wie Köpfe von Carchesium lachmanni u. a. bis auf geringe Reste abgestorben, weil sie in dem reineren Wasser nicht mehr ihre Lebensbedingungen finden, während sich für reineres Wasser typische Lebewesen hinzugesellt haben. Diese Epibiocoenosen, treibend sowie im Schlamm vorkommend, geben für die Beurteilung des Wassers an solchen Stellen ein ganz charakteristisches Bild.

Man ersieht aus allen diesen nur flüchtig skizzierten Resultaten, welche Wichtigkeit die bisher vernachlässigten Untersuchungen des Bodengrundes der Flüsse haben nicht nur in biologischer, sondern auch in chemischer Hinsicht. In manchen Fällen, wie im erstbeschriebenen, geben solche nur ganz allein sicheren Aufschluss über eine Schädigung, welche das Gewässer durch industrielle Zuflüsse erlitten hat.

Digitized by Google

3.

Ueber Bau und Leben des Abwasserpilzes Leptomitus lacteus.

Von

Privatdocenten Dr. R. Kolkwitz,

Wissenschaftlichem Mitgliede der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Mit Tafel I—IV.

Einteilung der Arbeit.

		Seite
I.	Einleitung	34—37
II.	Die Reinkultur des Leptomitus	37—43
III.	Ueber Gestalt, Inhaltsbestandteile und Fortpflanzungsorgane des Pilzes	43—50
IV.	Experimentalphysiologische Untersuchungen über Leptomitus lacteus	50—79
V.	Erklärung für das Verhalten des Leptomitus in Vorflutern	79—86
VI.	Zusammenfassung der praktischen und theoretischen Ergebnisse	86—92

I. Einleitung.

Im 1. Heft dieser Mitteilungen haben Prof. Marsson und ich in einer gemeinschaftlichen Arbeit die Grundsätze veröffentlicht, welche für die Beurteilung der Gewässer nach ihrer Fauna und Flora in Betracht kommen. Bei dieser Gelegenheit wurde gezeigt, dass eine grosse Reihe von Organismen aus den verschiedensten Klassen für den genannten Zweck von Bedeutung sind. Besonders die Abwasserpilze spielen dabei eine hervorragende Rolle, da sie einmal ein sicheres Anzeichen für Verschmutzung sind, dann aber auch durch ihr massenhaftes Auftreten erhebliche Kalamitäten in öffentlichen Gewässern hervorrufen können.

Einer der interessantesten unter diesen Abwasserpilzen ist der

im Folgenden näher zu behandelnde Leptomitus. Er findet sich, wie längst bekannt, in Vorflutern, welche Abwässer von Zuckerfabriken, Stärkefabriken, Städten u. s. w. aufnehmen, und tritt dabei oft in solcher Menge auf, dass er die Hänge und das Bett eines Baches oder Flüsschens wie mit „Schaffellen“ auf weite Strecken hin auskleidet. Bei so reichlicher Entwickelung reisst er dann in federartigen Flocken oder grösseren Klumpen los, ja oft in solchen Ballen, dass ich die Meinung habe äussern hören, in dem betreffenden Wasser trieben tote Hunde. Die Flocken und Ballen sinken schliesslich zu Boden und häufen sich, besonders in kleineren Fliessen, bisweilen zu umfangreichen Bänken an, welche in Fäulnis geraten, heftigen Gestank verbreiten und so zu argen Belästigungen führen können. Die feineren Flocken setzen sich auch in die Netze der Fischer, an die Rechenstäbe von Badeanstalten, an Mühlräder u. s. w., überall Belästigungen oder bisweilen Ekel vor den schleimigen Massen hervorrufend. Der Pilz setzt sich auch in Fischbrutanstalten an die Eier und kann, ebenso wie dies andere, verwandte Pilzgattungen tun, die Haut mancher Fische mit schleimigen Fadenmassen überziehen.

Der Leptomitus verdient also aus vielen Gründen ein weitgehendes Interesse, in praktischer sowohl wie auch wissenschaftlicher Beziehung; denn ich muss hinzufügen, dass seine Gestalt so sonderbar und einzig dastehend ist, seine Lebensweise so viele wichtige Fragen an den Beobachter richtet, dass es sicher von vornherein lohnende Resultate verhiess, wenn dieser Pilz nach Bau und Leben eingehend studiert wurde, zumal dies bisher nicht geschehen konnte, da eine Reinkultivierung des Pilzes nicht ausgeführt war.

Wie für die Gärungsindustrie das eingehende Studium der Hefen, Essigsäurebakterien u. a. m. von hervorragender Wichtigkeit geworden ist, wird zweifellos auch für die Beurteilung von Vorflutern, für die richtige Erkenntnis eines Kläreffektes sowie für Reinigungsverfahren überhaupt ein immer mehr vertieftes Studium der kleineren und grösseren Organismen des Wassers wertvolle Einblicke gewähren und wohl geeignet sein, die hierauf gerichteten chemischen Untersuchungen zu unterstützen.

Ebenso wie die Physiologie der Hefen und Bakterien erst durch das Studium von Reinkulturen gefördert werden konnte, ist es mit den Abwasserpilzen. Es galt also, die Leptomitusstudien mit der Reinkultur dieses Pilzes zu beginnen.

In einer kurzen Mitteilung in den Berichten der Deutschen Bota-

nischen Gesellschaft[1]) habe ich bereits die Arbeiten namhaft gemacht, welche sich mit der Kultur des interessanten Pilzes beschäftigt haben, und dabei betont, dass die planmässige Züchtung, namentlich aber seine Reinkultur, bisher nicht gelungen sei, trotz eigens darauf gerichteter Bemühungen.

Ungeachtet dieser im allgemeinen wenig ermutigenden Vorarbeiten versuchte ich mein Heil in der gleichen Richtung und fand diese Bemühungen durch das Gelingen der Kultur bald belohnt. Es stellte sich dabei nämlich heraus, dass nach Ueberwindung einiger Schwierigkeiten die Kultur recht leicht gelingt, und damit war der Schlüssel zur Lösung der in reicher Fülle harrenden Fragen gegeben. Eine der ersten und wichtigsten war diejenige, wie er Lebensperioden mit ungünstigen Ernährungsbedingungen überdauert. Da er nämlich überall unbeständig ist, bald in unglaublichen Massen auftritt, bald gänzlich verschwindet, so musste die Frage entstehen, ob erstlich diese Periodicität vorwiegend in der Natur des Pilzes selbst liegt oder ob sich das Ephemere in seinem Auftreten lediglich durch die Schwankungen im Nährstoffgehalt des Wassers erklärt. Anschliessend hieran ergibt sich von selbst die Frage nach den Dauerzuständen des Pilzes, durch die er ungünstige Lebensperioden übersteht. In der Literatur finden sich mehrfach Bemerkungen darüber, dass diese Stadien unbekannt seien, z. B. bei Zopf[2]) und Mez[3]). Da ferner der Pilz sowohl durch die Abwässer der Zuckerfabriken als der Städte wachsen kann, entstand die weitere Frage, ob Eiweissstoffe oder Kohlehydrate in gleicher Weise seiner Entwickelung günstig wären, oder ob beide Sorten von Abwässern die gleichen Nährstoffe für unseren Organismus bieten. Da des weiteren der Pilz im Winter in grösseren Mengen aufzutreten pflegt als in der warmen Jahreszeit, so war die Rolle, welche die Temperatur für sein Leben spielt, näher zu untersuchen. Sein, so weit bekannt, ausschliessliches Vorkommen in strömendem Wasser liess weiter die Frage nach der Bedeutung des Sauerstoffes für seine Entwickelung entstehen. Da weiter die Familie der Saprolegniaceen, zu welcher der Leptomitus gehört, zahlreiche und weit verbreitete, sehr häufig anzutreffende andere Vertreter aufweist, so musste näher geprüft werden,

---

1) Kolkwitz, Zur Biologie von Leptomitus lacteus. Berichte d. Deutschen Botanischen Gesellschaft. Bd. XIX. 1901. S. 288.

2) Zopf, Die Pilze. In Schenk's Handbuch der Botanik. Bd. IV. 1890. S. 569.

3) Mez, Mikroskopische Wasseranalyse. 1898. S. 537.

Digitized by Google

warum gerade dieser Pilz in der freien Natur ein solches Uebergewicht über seine Verwandten gewinnt, weiter, wie sich überhaupt seine Wechselbeziehungen zu anderen, am gleichen Standort gedeihenden Wasserorganismen gestalten. Kurz, es gab eine grosse Fülle von Fragen zu lösen.

Die folgenden Kapitel sollen sich mit der Beantwortung derselben beschäftigen, wobei dann die näheren Einzelheiten eingehender berücksichtigt werden sollen.

II. Die Reinkultur des Leptomitus.

In den folgenden Zeilen sollen nicht die speciellen Ernährungsbedingungen im einzelnen und systematisch behandelt werden, sondern nur diejenigen Gesichtspunkte Berücksichtigung finden, welche näher zu beobachten sind, wenn die Reinkultur überhaupt gelingen soll. Die specielle Physiologie wird dementsprechend erst in einem späteren Kapitel zur Darstellung gelangen.

Bringt man Leptomitusmaterial aus dem Freien ins Laboratorium, so sind während des Transportes keinerlei Vorsichtsmassregeln nötig, um dasselbe während dieser Zeit lebenskräftig zu erhalten. Sind die Fäden reichlich mit Bakterien und Protozoen durchsetzt, so empfiehlt es sich, dieselben im Laboratorium zunächst in sterilem Wasser, das man in Erlenmeyerkölbchen vorrätig halten kann, auszuwaschen, und zwar in kleinen, mit der Schere abgetrennten Portionen. Die so gesäuberten Pilzfäden werden dann mit Hülfe eines sterilisierten Streichholzsplitters, einer Gerstengranne oder einer Glasnadel auf der Schnittfläche eines quer halbierten, sterilisierten Mehlwurms (Tenebrio molitor), wie solcher auch sonst für die Kultur von Saprolegniaceen benutzt wird, befestigt (vergl. Taf. II, Fig. 7). Diesen Mehlwurm steckt man am besten in ein Glasröhrchen, wie die Fig. 7 zeigt, und sterilisiert ihn gesondert vorher in einem Reagensrohr unter Zufügen von etwas Wasser. Das Glasröhrchen hat den Zweck, dass man den Wurm mit der Pincette anfassen kann, ohne seinen Inhalt herauszupressen. Das Sterilisieren der kleinen Pincetten und Scheren, welche zum Aufimpfen des Pilzes nötig sind, erfolgt am besten in der direkten Flamme. Man lässt dann die Instrumente erkalten und zieht sie unmittelbar vor der Benutzung noch einmal schnell durch die Flamme.

Während bei Saprolegnia sehr bald Schwärmsporen gebildet werden, wenn man diesen Pilz in reines Wasser wirft, dauert dieser

Digitized by Google

Prozess bei Leptomitus charakteristischerweise mehrere Tage; deshalb ist es eben von grösster Wichtigkeit, das Impfmaterial mit der Mehlwurmschnittfläche in innige Berührung zu bringen.

Die Befestigung geschieht, wie gesagt, mittels Holzstückchen, Grannen u. dergl.; doch gelingt bei einiger Uebung die Kultur auch dann, wenn man den Pilz einfach an die Schnittfläche festpresst.

Ist das Material ziemlich rein, so wird der Pilz mit seltenen Ausnahmen bald anwachsen und in rein weisser Farbe von der Schnittfläche schnell ausstrahlen, wenn man das Ganze in eine grosse Doppelglasschale mit sterilem Wasser wirft. Am folgenden Tage pflegt er dann schon $^1/_2$—1 cm lang zu sein. Es empfiehlt sich hier und in anderen Fällen sehr, mindestens drei solcher Präparate, jedes in besonderer Glasschale, herzurichten; denn ich habe wiederholt Fälle kennen gelernt, wo gleichzeitig vorhandene Konkurrenten, wie Bakterien, Flagellaten und Schimmelpilze, das Wachstum des Leptomitus trotz sorgfältiger Anwendung dieser Methode durch ihr Ueberwuchern vollständig unterdrückt haben. Die Jahreszeit spielt bei dieser Art der Kultur für deren Gelingen keine Rolle.

Die jungen Fäden sehen ganz weiss aus, haben im allgemeinen eine ziemlich gleichmässige Dicke von 16—20 μ und zeigen verhältnismässig wenige und regelmässige Auszweigungen. Die reichlich ausstrahlenden, zarten, ein Büschel bildenden Fäden geben, besonders bei Betrachtung mit der Lupe, ein sehr zierliches Habitusbild (Taf. II, Fig. 7).

Zahlreiche Versuche haben mir gezeigt, dass dieser Methode bezüglich ihrer Erfolge eine gewisse Souveränität gebührt, zumal die so erzielten Kulturen — ohne sehr grosse Dimensionen anzunehmen und ohne jede weitere Pflege — viele Monate lang lebend und gesund bleiben, oft auch wenn sich mittlererweile andere Organismen in grösserer Zahl entwickelt haben. Diese Langlebigkeit ist ein wesentlicher Vorzug, der es bedingt, dass dem Experimentator das Material wohl nie ausgehen kann.

Wenn man will, kann man die mit Pilz bewachsenen Mehlwürmer, besonders solange die Fäden noch jung sind, in andere Schalen mit sterilem Wasser übertragen; der schön strahlige Habitus zeigt sich dann nach dem Einsetzen in das neue Wasser unverändert wieder, da sich die Fäden durch das Uebertragen nicht verzopfen.

Man kann die kleinen Glasröhrchen auch mit Rindfleisch füllen, doch ist das Arbeiten mit Mehlwürmern sauberer. Auch Fischfleisch,

Schneckenfleisch, Ameisenpuppen, Eigelb, Eiweiss, Zwiebelschuppen, Kartoffeln, Apfelsinenkerne u. s. w. sind mehr oder weniger geeignet, kommen aber für die Praxis der Anzucht gegenüber dem bequem zu handhabenden Mehlwurm wohl kaum in Betracht. Auch hier ist direktes Aufimpfen Bedingung für das gute Gelingen der Versuche.

Ist der Pilz gut angewachsen, so trennt man zur weiteren Behandlung einen Teil mittels steriler Schere los und überträgt diesen auf sterile, in Petrischälchen erstarrte Gelatine von 3—8 % oder auf Agar von $^1/_2$—1 %, doch kann bei dem letztgenannten das Kondenswasser störend wirken. Ein Zusatz von Nährsubstanz zur Gelatine ist im allgemeinen nicht erforderlich; manchmal, aber durchaus nicht immer, kann es auch vorteilhaft sein, eine kleine Mehlwurmscheibe mit aufzulegen. Gewöhnlich empfiehlt es sich aber zunächst, so lange noch andere Organismen gleichzeitig vorhanden sind, keine Zusätze, wie etwa Liebig's Fleischextrakt (1 %), Fleischwasser, Pepton, Mehlwurmbouillon u. s. w. zu machen, weil sie das für Leptomitus meist schädliche Bakterienwachstum zu fördern geeignet sind.

Soll der Pilz in der Gelatine gut wachsen, so muss man einige Misserfolge nicht scheuen, sondern in Geduld die Versuche recht häufen und variieren, nötigenfalls noch unter Zusatz kleiner Mengen von Sirup ($^1/_4$—3 %), Malzextrakt u. dergl. Hat man dagegen erst eine Reinkultur, so gestaltet sich das Arbeiten in dieser Beziehung meist einfacher. Es ist dabei zu beachten, dass auf der Oberfläche fortwachsende Fäden leicht Bakterien mit fortschieben und die beabsichtigte Reinkultur inficieren. Ueberhaupt ist es zu empfehlen, eine Kultur, die man für bakterienfrei hält, stets mikroskopisch darauf noch speciell zu kontrollieren, auch wenn die gleich zu beschreibende Bouillon nicht getrübt wird.

Die Reaktion ist dabei stets zu prüfen; sie kann schwach sauer oder schwach alkalisch sein. Manchmal schadet ein Zusatz von 0,1 % Citronensäure nicht, hält sogar die Alkalien liebenden Fäulnisbakterien zurück.

Ein Einlegen des Impfmaterials in die gerade noch flüssige Gelatine statt des Auflegens auf das bereits erstarrte Substrat bietet keine Vorteile, scheint sogar verlangsamend auf das Wachstum einzuwirken, ohne zu plasmolysieren oder zu töten; dagegen kann es von grosser Bedeutung sein, ob man das Impfmaterial in einem Klumpen oder langgestreckt auflegt. Je nachdem man eine 3proz. oder 8proz. Gelatine verwendet hat, empfiehlt es sich, in Anbetracht der Kon-

sistenz, die bakterienfrei erscheinenden, ausstrahlenden Fäden mittels eines Spatels bezw. Platindrahtes behufs Uebertragung in Nährbouillon abzuheben. Die Verwendung eines Spatels gestattet im allgemeinen ein sicheres Abheben, doch bietet eine Platinnadel den Vorteil, dass sie sich leichter und bei Wiederholung dieser Manipulation schneller sterilisieren lässt.

Als Nährbouillon verwendete ich gewöhnliche Bakterienbouillon unter Weglassen des Kochsalzes und der Soda. Die Lösung war also so zusammengesetzt, dass auf 100 ccm Leitungswasser je 1 g Pepton und Liebig-Fleischextrakt entfielen. Diese Lösung reagiert gewöhnlich neutral, manchmal amphoter und gestattet auch Bakterien lebhaftes Wachstum. Während das Kochsalz in $\frac{1}{2}$ % — wie es in der echten Bakterienbouillon vorhanden ist — kaum, in $\frac{1}{4}$ % nicht merkbar schädigt, gilt dies in hohem Masse von der Soda, welche in einer Konzentration wie in Bakterienbouillon (0,055 % Na_2CO_3 = 0,15 % $Na_2CO_3 + 10\,H_2O$) die Leptomitusfäden fast insgesamt tötet. Bei solcher Konzentration wirkt die Nährlösung aber auch stark bläuend auf rotes Lakmuspapier.

Die oben mitgeteilte Lösung (100 g Wasser, 1 % Fleischextrakt, 1 % Pepton) gestattet auch noch in 100facher Verdünnung ziemlich gutes Wachstum; doch hatte ich mich bei meinen Versuchen allmählich an die erstgenannte Konzentration so gewöhnt, dass sie gleichsam meine Stammlösung blieb.

Eine Lösung, welche nur Pepton (1 %) oder nur Fleischextrakt (1 %) enthält, wirkt auch günstig auf das Wachstum, aber schwerlich auf die Dauer.

Wichtig für das Wachstum in der Bouillon ist nun der morphologische Zustand der Fäden, welche man von der Gelatineplatte absticht. Der Pilz kann auf dieser 1 Monat lang und vielleicht noch länger leben; aber dann pflegen, wenn auch nicht immer, die Fäden etwas unregelmässig, dünn oder knorrig (Taf. II, Fig. 5 und Taf. IV, Fig. 10) geworden zu sein, und dann kann man es erleben, dass sie trotz vorzüglich ernährender Bouillon in dieser nicht oder ganz langsam wachsen[1]), aber auch selbst nach längerer Zeit nicht absterben, wie die deutlich sichtbare Plasmaströmung lehrt. Als Beispiel will ich erwähnen, dass einmal der Pilz in einer Bouillon, welche aus

1) Bei Hefen ist ähnliches beobachtet worden. Vergl. P. Lindner, Mikroskopische Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben. 2. Aufl. 1898. S. 257.

1 Teil Fleisch und 2 Teilen Wasser bereitet war, nicht wachsen wollte, wiewohl alle Fäden lebten. In anderen Fällen ist es vorgekommen, dass das Wachstum erst nach längerer Zeit ganz unvermittelt anhob.

Es scheint, dass es in diesen Fällen eines besonderen Auslösungsmittels bedarf, etwa wie bei manchen Eiern, die man ohne Befruchtung zur Entwickelung bringen will.

Ich will gleich an dieser Stelle darauf hinweisen, zu wie grossen Trugschlüssen man bei vergleichenden Kulturversuchen kommen kann, wenn man diesen Faktor nicht kennt oder unbeachtet lässt.

Es ist also stets zu empfehlen, die jungen, regelmässigen, radial ausstrahlenden Fäden zum Einimpfen in die Bouillon zu verwenden, ohne damit behaupten zu wollen, dass nicht ältere auch gelegentlich in Bouillon schnell weiterwachsen können.

Normalerweise erfolgt das Wachstum in der Bouillon ebenso schnell wie auf dem Mehlwurm.

Damit wäre nun die Reinkultur in einem flüssigen Medium gelungen!

Als Kulturgefäss benutzte ich mit grösstem Vorteil die von Klebs[1]) empfohlenen Glasdosen mit übergreifendem Deckel von 25 oder 50 ccm Inhalt. (Siehe Taf. II, Fig. 9). Ich benutzte im allgemeinen die letztgenannten mit 50 ccm Inhalt, im wesentlichen aus dem sehr einfachen Grunde, weil sie beim Uebereinanderstellen einen stabileren Turm bildeten als die kleineren Dosen.

Zum Sterilisieren wurden sie in verschliessbare Büchsen von Eisenblech oder Kupfer getan und auf 160—170° C. im Trockenschrank erhitzt. Die Nährbouillon füllte ich bis etwa zu halber Höhe in Reagensröhrchen und sterilisierte diese fraktioniert im Dampftopf, um sie dann vor jedesmaliger Verwendung in die Dosen zu giessen.

Die Dosen haben den grossen Vorteil, dass man sie mit einer Hand bequem öffnen, ferner leicht anfassen und gefüllt transportieren kann, endlich auch die darin wachsenden Kulturen von der Seite bequem zu betrachten vermag.

Eine etwa 3 Tage alte Kultur liefert dann ein Bild, wie es auf Taf. II, Fig. 9 dargestellt ist. Man sieht, dass die Fäden radial in Form einer Halbkugel regelmässig ausstrahlen. Nach etwa 8 Tagen

1) Klebs, Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. Jahrbücher f. wissenschaftl. Botanik. Bd. XXXIII. 1899.

Digitized by Google

wird die Peripherie unregelmässiger, zeigt nicht das schönstrahlige Gefüge, und die Fäden erweisen sich als mehr oder weniger schlaff. Dieser Zustand lässt das Material für die Zwecke des Ueberimpfens als sehr ungeeignet erscheinen. Nach Verlauf von 14 Tagen und mehr stirbt die Reinkultur überhaupt ab, wesentlich wohl wegen reichlich entstandener, ammoniakalischer Substanzen.

Man muss sich also zur Regel machen, nur gut strahlendes Material weiter überzuimpfen; dann wird man unbegrenzt lange immer gute Leptomitusreinkulturen in flüssigem Medium haben.

Befolgt man diese Regel nicht, so kann man Gefahr laufen, dass — bei gleichem Ausgangsmaterial — von drei Kulturen eine wächst, die beiden anderen unter gleichen Bedingungen aus unbekannten Gründen dagegen nicht.

Zum Uebertragen in neue Nährlösungen verfuhr ich meist so, dass ich mit einer kleinen, in der direkten Flamme sterilisierten Schere nach ihrem Abkühlen in die Flüssigkeit hineinfuhr und die Kultur zerstückelte; die einzelnen Teile konnten dann leicht mittels Pincette in neue Dosen übertragen werden. Die Benutzung des Platindrahtes empfiehlt sich für diesen Zweck im allgemeinen nicht, da die Fäden leicht an der oft etwas rauhen Oberfläche des Drahtes haften bleiben[1]).

Die erwähnte, so günstig wirkende Bouillon hat weiter den grossen Vorzug, nach dem Filtrieren und Sterilisieren unverändert durchsichtig — wie man sagt, „blank" — zu bleiben. Man muss dabei nur beachten, dass anfänglich die Flüssigkeit zwecks Lösens des Peptons mindestens $1/_2$ Stunde lang genügend erhitzt wird, sonst fällt beim Abkühlen ein Teil der eiweissartigen Substanzen wieder aus. Es ist natürlich selbstverständlich und durch Versuche leicht zu erweisen, dass, wie bei der Herstellung von Bakterienbouillon, ebensogut auch Fleischwasser benutzt werden kann, doch ist die Verwendung von Fleischextrakt bequemer. Genügend verdünntes Erbsendekokt ist auch zu verwenden, aber schwer ganz klar herzustellen. Auch Mehlwurm- und Ameisenpuppenbouillon sind unter anderem gut verwendbar.

Solange ich die gute Verwendbarkeit der Pepton-Fleischextraktbouillon noch nicht kannte, sondern die verschiedensten Lösungen

---

1) Eventuell kann man Rauhigkeiten an der Oberfläche der Platinnadel mittels einer Stichflamme abschmelzen.

ausprobierte, musste ich von Zeit zu Zeit wieder von gut gewachsenem Mehlwurmmaterial ausgehen, später dagegen benutzte ich nur noch Bouillon. War dieselbe mit der Zeit durch fremde Keime infiziert, so war durch Uebertragung auf Gelatine leicht reines Material wieder zu erzielen.

III. Ueber Gestalt, Inhaltsbestandteile und Fortpflanzungsorgane des Pilzes.

Der makroskopische Habitus des Leptomitus in der freien Natur wurde bereits eingangs erwähnt. Der Pilz überzieht oft das Bett eines Baches oder kleinen Flusses vollständig mit einer mehr oder weniger weissgrauen oder weissbräunlichen (Eisenocker!) Masse von schaffellartigem Aussehen[1]. Stösst man einen Teil dieses filzigen Pilzteppichs mit einem Stocke los, so pflegen klumpige Massen aufzusteigen, welche kompakt oder lappig und unterseits meist von anhaftendem Schwefeleisen schwarz gefärbt zu sein pflegen. Diese Massen können oft förmlich lederartig sein. Es scheint, dass der Pilz an den Stellen stärkerer Verunreinigung oder stärkerer Strömung ein kompakteres Gefüge hat als etwa weiter flussabwärts, wo das Wasser wieder reiner geworden ist. Hier flottieren die am Ufer festsitzenden Massen in mehr oder weniger lockeren Strähnen; oft reissen diese in Massen sich los und treiben dann, bisweilen in schier unerschöpflicher Menge, wie zierliche, etwa talergrosse Federn in dem betreffenden Gewässer, das immer ein fliessendes sein muss, wie auch nach den Angaben in der Literatur seit langer Zeit allgemein bekannt ist.

Die festsitzenden Stadien des gleichfalls oft in grossen Mengen auftretenden Abwasserpilzes Sphaerotilus sind ohne Zuhülfenahme des Mikroskopes meist kaum vom Leptomitus zu unterscheiden; bisweilen findet man auch beide zusammen, besonders da, wo eine stark verschmutzte Partie eines fliessenden Gewässers in eine minder verunreinigte übergeht.

Das mikroskopische Bild der **Gestalt der normalen vegetativen Fäden** ist sehr einfach und charakteristisch: Die Fäden bestehen nämlich aus langen, geraden Schläuchen ohne Querwände, aber mit Einschnürungen in mehr oder weniger gleichen Abständen, dadurch einzelne Glieder bildend. Jedes Glied enthält gewöhnlich ein kugliges

1) Vergl. auch **Mez**, Mikroskopische Wasseranalyse. 1898.

Cellulinkorn, welches im Falle einer Verletzung infolge des gestörten hydrostatischen Druckes in den Schläuchen an die der verletzten Stelle nächstgelegene Striktur gepresst wird und diese, wie bekannt, nach Art eines Kugelventils verschliesst.

Unter günstigen Ernährungsbedingungen, also bei möglichst ungestörtem Längenwachstum der Hauptschläuche, sind die Fäden verhältnismässig schwach verzweigt, wobei die Zweige im wesentlichen ähnlich aussehen wie die Hauptfäden. Echte Dichotomie ist dabei sehr selten und tritt wohl nur als Anomalie auf (vergl. Taf. I, Fig. 8 und 9). Der Durchmesser der Fäden beträgt in diesen Fällen 16 bis 17 μ; 20 μ dicke sind auch häufig. Aeltere Fäden, besonders solche in der Nähe der Schnittfläche des Mehlwurms können in etwa 2 Monate alten Kulturen bis 40 μ dick werden und, wenn sie hier und da keulig angeschwollen (Taf. I, Fig. 19) sind, bis 48 μ. Ebensolchen Schwankungen sind die Glieder bezüglich ihrer Länge ausgesetzt. Gewöhnlich sind sie etwa 10 mal länger als breit[1], doch kommt es auch vor, dass die Glieder kugelig sind (Taf. I, Fig. 15) oder keine Einschnürungen[2]) haben (Taf. I, Fig. 7).

Abweichende Angaben in der Literatur bezüglich dieser Zahlen erklären sich aus einer zu geringen Anzahl von Beobachtungen.

Die Regelmässigkeit der Fäden erleidet infolge veränderter Lebensbedingungen, wobei die chemische Zusammensetzung der Nährflüssigkeit die Hauptrolle spielt, auffallende Abänderungen. Der Leptomitus zeigt sich nämlich in der Gestalt auf veränderte Ernährungseinflüsse sehr reaktionslustig. Treten mehr oder minder ungünstige Verhältnisse ein, so entstehen **Anomalien**. Die vorher etwa 16 μ breiten Fäden werden schmäler und schmäler, so dass sie in feine, mehr oder weniger verzweigte Endigungen ausgehen, oder sie werden unter Beibehalten ihres Durchmessers knorrig, oder endlich sie bilden geweih- oder hexenbesenartige Seitenzweige. Alle diese Gestaltveränderungen können aus Tafel II und IV ersehen werden. Die Tafel IV enthält eine Reihe von Anomalien, welche ich im Laufe der Untersuchung beobachtet habe, und welche fast alle von einem einzigen Ausgangskulturexemplare stammen. Die näheren Bedingungen

1) Die maximale Länge eines Gliedes kann 1,3 mm betragen, in Bouillon mit $^1/_2$ % Kochsalz sogar bis 5,6 mm.

2) Fäden mit wenigen Strikturen erwähnt Schorler: Gutachten über die Vegetation der Elbe und ihre Bedeutung für die Selbstreinigung derselben. 1897. S. 11.

für das Entstehen der so verschiedenartigen Formen habe ich bisher noch nicht studieren können, da zunächst näher liegende Fragen zu beantworten waren.

Soviel ist sicher, dass alle diese hier abgebildeten Formen im allgemeinen ein schlechtes Impfmaterial abgeben.

Bezüglich der Verhältnisse, unter denen diese mannigfaltigen Formen beobachtet wurden, vergleiche man die Figurenerklärung.

Die **Strikturen** (Taf. III, Fig. 29—37) können entweder scharf eingeschnürt (je nach dem Grade des tangentialen Dickenwachstums unter Winkeln von etwa 45—90°) oder ohne Winkelbildung verengt sein; manchmal findet man sogar förmliche Verbindungscylinder (Taf. III, Fig. 29) zwischen zwei Fadengliedern. Selten treten an den Einschnürungen in auffälligem Grade charakteristische Membranstrukturen auf, wie solche in der Taf. III, Fig. 31—36 dargestellt sind. Man erkennt aus diesen Abbildungen, dass die äusseren Membranschichten Risse von mehr oder weniger grosser Regelmässigkeit bekommen haben, während gleichzeitig einzelne Membranpartien sich — durch Kontraktion oder durch Wachstum? — verdicken. Die resultierenden Bilder erinnern bis zu einem gewissen Grade an Oedogonium, doch liegen bei diesem die ringartigen Wülste auf der Innenseite der Membranen. Die abgebildeten Membranstrukturen berechtigen einigermassen zu dem Schluss, dass die Einschnürungen Veränderungen in der Membranskulptur ihre Entstehung verdanken.

Da die einzelnen Glieder gleichsam aus einander hervorsprossen, so wird man unwillkürlich zu einem Vergleiche mit dem ähnlichen Vorgange bei Hefen geführt. Vielleicht kann man sich das Aussprossen der neuen Glieder aus den alten etwa so vorstellen, wie im Holzkörper der Bäume die Thyllenbildung erfolgt. Dieser Vergleich gewinnt dadurch noch mehr an Berechtigung, dass bei Hefen die neuen Tochterzellen oft da wieder hervorsprossen, wo die alten sich bereits einmal abgegliedert haben.

Wie sehr die Cellulosemembran[1]) des Leptomitus überhaupt zu allerhand nachträglichen Veränderungen neigt, lehren auch die Fig. 20 bis 26 auf Taf. I. Man sieht hier, dass die Membranen erhebliche Dickenzunahme erfahren können, ein Umstand, der dem Pilz beim gänzlichen Schliessen von Strikturen sehr nützlich sein kann, denn

1) Wohl die Membranen aller Saprolegniaceen färben sich mit Chlorzinkjodlösung blau.

dieses Schliessen erfolgt keineswegs immer durch die sich in oder an die Strikturen pressenden Cellulinkörner[1]). Nicht unerwähnt darf dabei bleiben, dass solche Verdickungen gelegentlich von der Membran angehefteten Inhaltsbestandteilen herrühren.

Wesentliches Interesse verdient die häufig zu machende Beobachtung, dass die Seitenzweige mit grosser Vorliebe an den konvexen Stellen bei gekrümmten Fäden hervorbrechen, auf festem Nährboden sowohl wie in Flüssigkeiten. Man vergleiche diesbezüglich die Fig. 10 und 11 auf Taf. I. Dieselben lehren, dass die von Noll[2]) vor allem für Wurzeln betonte Erscheinung der **Morphästhesie**, wonach die jungen Seitenwurzeln auf der konvexen Seite einer gebogenen Wurzel hervorbrechen, auch hier Geltung haben dürften bezüglich des Verhältnisses von Haupt- zu Seitenfaden. Einige orientierende Versuche haben es mir auch wahrscheinlich gemacht, dass diese Erscheinung durch mechanisches Krümmen experimentell leicht hervorgerufen werden kann. Die Erscheinung, dass eine schön strahlende Kultur, wenn ihre Fäden durch Schütteln etwas verworren werden, an der Peripherie wieder regelmässig radial auswächst, wird sich auch so erklären, dass gerade an den konvexen Stellen der gebogenen Glieder neue Fäden aussprossen. Experimentell morphologische Untersuchungen würden an diesem Pilz überhaupt noch manche charakteristische Eigentümlichkeiten aufdecken. So beobachtete ich einige Male förmliche Hexenringe, auf einer Gelatineplatte in sechs konzentrischen Kreisen. Die dichteren Partien verdankten dabei ihr Aussehen vor allem feineren Verzweigungen, welche dort in der Tiefe der Gelatine entstanden.

Was den **Inhalt** der Schläuche anbelangt, so ist zu bemerken, dass die jüngeren Fadenteile im allgemeinen reicher an Eiweiss und ärmer an Fett sind als die älteren, welche oft grosse Mengen von Fettkugeln (Taf. I, Fig. 14) enthalten, welche sich mit Osmiumsäure in der Wärme sogleich, in der Kälte erst nach längerer Zeit schwarz färben. Von der Funktion dieser Fettkugeln[3]) soll in einem späteren Kapitel noch eingehender berichtet werden. Grösse und Zahl dieser

1) Manchmal erfolgt der Wundverschluss durch Inhaltsgerinnsel.

2) Noll, Ueber den bestimmenden Einfluss von Wurzelkrümmungen auf Entstehung und Anordnung der Seitenwurzeln. Landwirtschaftl. Jahrb. 1900.

3) Bei vielen anderen Saprolegniaceen findet sich fettes Oel vor allem in den Eisporen.

Digitized by Google

Fettkügelchen schwanken je nach den Ernährungsbedingungen ganz erheblich. Man vergleiche diesbezüglich die beiden Figuren 12 und 14 auf Taf. I.

Gerbstoffbläschen vermochte ich weder durch Kaliumbichromat noch durch Eisenchlorid sicher nachzuweisen.

Neben den Fettkügelchen finden sich vielleicht noch schleimartige Substanzen, welche bisweilen die Glieder vollkommen ausfüllen (Taf. IV, Fig. 1); doch kann ich darüber noch nichts Bestimmtes angeben.

Oft kommen auch kleine stäbchenartige Körper unbekannter Zusammensetzung in ziemlicher Menge vor, welche der Längsachse parallel gelagert zu sein pflegen.

Die charakteristischen Cellulinkörner finden sich, wie bereits erwähnt, in den Gliedern in Einzahl vor; in den älteren dagegen findet man ihre Zahl oft wesentlich vermehrt.

Pringsheim[1]) giebt an, dass diese Körner sich dadurch vermehren, dass die jüngeren von den vorhandenen älteren sich abgliedern und sich dann zu ihrer endgültigen Grösse ausbilden. Diese Angabe habe ich zwar nicht eingehend geprüft, vor allem nicht bei noch anderen Saprolegniaceen, doch glaube ich, dass auch schon in jüngeren Gliedern sich mehrere Körner finden, welche aber bis auf eines sehr klein sind.

Die Angabe, dass die Cellulinkörner keinen Farbstoff speichern, trifft nicht zu, denn sie nehmen Kongorot sehr schnell und reichlich auf; dabei färben sich auch kleinere Körperchen, die ich eben als gleichfalls aus Cellulin bestehend auffassen möchte.

Die Tatsache der Färbbarkeit mit Kongorot deutet darauf hin, dass die Cellulinkörner der Cellulose nahe stehen möchten und vielleicht auch chemische Verwandtschaft zu den Dictydinkörnern bei Schleimpilzen aufweisen[2]).

Die Cellulinkörner haben bei Leptomitus offenbar kugelige Gestalt, denn wären sie beispielsweise etwas flachgedrückt, so würden sie sich gelegentlich dem Beobachter mehr oder weniger in der Form eines Linsenquerschnittes darbieten, was ich aber nie beobachten konnte.

---

1) Pringsheim, Ueber Cellulinkörner, eine Modifikation der Cellulose in Körnerform. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellsch. Bd. I. 1883. S. 289.

2) Vergl. Jahn, Myxomycetenstudien. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellsch. Bd. 19. 1901. S. 107.

Junge Cellulinkörner sind gleichmässig homogen, ältere, besonders in den im Mehlwurm steckenden Fäden, nach Art der Stärkekörner deutlich geschichtet (Taf. III, Fig. 39). Die Grösse solcher alten Körner kann 15 μ betragen. Die Ausbildung der Cellulinkörner scheint, ihrer Verschlussfunktion entsprechend, zu den Strikturen in Beziehung zu stehen. Die auf Taf. III dargestellte Fig. 38 zeigt nämlich eine beachtenswerte Stellung der Körner zu den vorhandenen Aussprossungen.

Wir kommen jetzt zu der wichtigen Frage über die Natur der **Fortpflanzungs- und Dauerorgane.**

Was zunächst die Schwärmsporen anbetrifft, so gilt auch hier wie bei der Gattung Saprolegnia, dass dieselben besonders dann entstehen, wenn man den möglichst gut ernährten Pilz in reines Wasser bringt, doch ist zu beachten, dass die Sporangien sich weit langsamer bilden als bei Saprolegnia. Fig. 1 u. 2 auf Taf. III stellen die ersten Vorbereitungen zur Schwärmerbildung dar, wobei zu bemerken ist, dass dieser Vorgang nicht immer in der gleichen hier dargestellten Weise zu verlaufen braucht. Je nachdem grössere oder kleinere Plasmapartien Umbildung erfahren, d. h. cylindrische oder kuglige (cfr. Fig. 3) Stücke sich differenzieren, kann die Grösse der Schwärmer variieren; meist haben sie aber einen Durchmesser von der Dicke des Fadens. Abbildungen der Schwärmsporen findet man bei Pringsheim[1]). Sie drängen sich in den von mir beobachteten Fällen vermöge amöboider oder vielleicht richtiger metabolischer Bewegungen aus der in der Sporangienwand entstehenden Oeffnung (Fig. 6 u. 7) heraus und schwimmen mittels zweier Cilien umher. Zur Ruhe gekommen können sie bald auskeimen, wobei meist eine Haut abgeworfen wird. Zur näheren Orientierung vergleiche man hierzu die Fig. 11—15 auf Taf. III. Treten die gebildeten Sporen nicht aus, so können sie trotzdem keimen, wiewohl bisweilen mit einigen Hindernissen. Es kann aber auch vorkommen, dass solche nicht ausgeschlüpfte Sporen sich innerhalb des Sporangiums mit einer Membran umgeben und so offenbar mehr oder weniger widerstandsfähige Dauerzustände bilden[2]). (Vergl. die Figuren auf Taf. III.)

---

1) Pringsheim, Nachträge zur Morphologie der Saprolegnieen. Jahrbücher f. wissenschaftl. Botanik. Bd. II. 1860.

2) Ueber Dauerzustände von Protozoen in Leptomitusfäden vergl. K. Lindstedt, Synopsis der Saprolegniaceen und Beobachtungen über einige neue Arten. Berlin 1872. S. 25.

Digitized by Google

Nicht selten erfährt der zur Schwärmsporenbildung führende Prozess eine Störung. Dann kommt es vor, dass ein solches Sporangium entweder an der Spitze neue, etwa gleichdicke Glieder erzeugt oder dass an einzelnen Stellen feine Keimschläuche hervorbrechen (Taf. III, Fig. 10).

Aus allen diesen Abwandlungen bei der Bildung der Schwärmsporen ist zu ersehen, in wie hohem Grade der Leptomitus auf äussere Einflüsse auch morphologisch zu reagieren vermag.

Neben diesen Gebilden, welche gestörter Schwärmerbildung ihre Entstehung verdanken, kommen Glieder mit Keimschläuchen auch in den vegetativen Partien des Pilzes vor; man vergleiche hierzu die Fig. 22 auf Taf. III. Auch hier beobachtet man wieder eine nicht unbedeutende Mannigfaltigkeit: zudem liegen hier Gebilde vor, welche bei Leptomitus lacteus bisher noch nicht beobachtet worden sind[1]. Wie lange diese Gebilde, die man Gemmen nennen könnte, zu ruhen vermögen, kann ich nicht angeben, doch ist so viel wohl mit Sicherheit anzunehmen, dass sie bis zu einem gewissen Grade den Charakter von Dauerorganen besitzen. Ihr Auskeimen geschieht wohl allgemein mittels feiner Keimschläuche.

Die in den Fig. 25—27 auf Taf. III dargestellten Gemmen sind nur verhältnismässig selten zu beobachten. Sie machen den Eindruck etwas krankhafter Anomalien.

In der Figurenerklärung ist näher angegeben, unter welchen Kulturbedingungen ich diese Gebilde beobachtet habe, doch soll damit nicht gesagt sein, dass unter gleichen Verhältnissen diese Bildungen experimentell mit Sicherheit hervorgerufen werden können. Es fehlte mir bisher noch an Zeit, die Abhängigkeit aller dieser verschiedenartigen Gebilde von den äusseren Faktoren systematisch zu studieren. Mir genügt es, einstweilen überhaupt festgestellt zu haben, dass L. lacteus in der That bis zu gewissem Grade specifische Dauerorgane besitzt[2].

Eier und männliche Befruchtungskörper habe ich nie, auch nicht andeutungsweise beobachten können[3]. Da die befruchteten Eier

1) Bezüglich neuerer Befunde bei Leptomitaceen vergl. M. v. Minden, Ueber Saprolegniineen. Centralbl. f. Bakteriol. II. Abt. Bd. 8. 1902. S. 808.

2) Mez sagt 1898 l. c. S. 537: „In welcher Form Leptomitus den Sommer überdauert, um bei Eintritt der kalten Jahreszeit wieder aufzutreten, nachdem er den Sommer über verschwunden war, ist noch unbekannt".

3) Bei Phytophthora infestans liegen die Verhältnisse ähnlich.

Digitized by Google

in der Regel ganz besonders dazu geeignet erscheinen, niederen Organismen über ungünstige Perioden hinwegzuhelfen, und diese Gebilde, wie gesagt, hier fehlen, so war die Frage nach Ersatz solcher Dauerorgane durch andersgeartete ganz besonders wesentlich; vor allem verdienten in der Literatur[1] vorhandene Aeusserungen über grosse Hinfälligkeit des Mycels besondere Nachprüfung. Dabei stellte sich, wie wir später noch hören werden, heraus, dass bei näherem Zusehen die Schläuche des Pilzes, also die gewöhnlichen vegetativen Stadien, häufig ganz im Gegenteil recht zähe und widerstandsfähig sein können[2], oft sogar bis zu einem Grade, der alle Erwartungen übertrifft; nur unter bestimmten Bedingungen zeigen die Fäden grössere Empfindlichkeit. Solche zählebige Fäden, die also gleichfalls als förmliche Dauerzustände aufgefasst werden können, dienten mir als Ausgangsmaterial für meine ersten Kulturen. Ich sammelte das Material Anfang April 1901 aus der Panke in Buch bei Berlin und halte seitdem den Pilz ununterbrochen im Laboratorium in Kultur. Diese ersten, sehr inhaltsarmen Stadien sind in den Fig. 1—6 auf Taf. I abgebildet, direkt so wie ich sie damals gesammelt habe. Sie waren so inhaltsarm und deshalb hyalin, dass ich anfangs garnicht auf die Idee kam, sie könnten noch lebend sein. Bezüglich der näheren Einzelheiten sei auf die Figurenerklärung und auf meine frühere Mitteilung in den Berichten der Deutschen botanischen Gesellschaft hingewiesen.

IV. Experimentalphysiologische Untersuchungen über Leptomitus lacteus.

Im Kapitel über die Reinkultur des Pilzes wurde die Zusammensetzung einer Bouillon angegeben, in welcher er vorzüglich gedeiht, wenn nur gleichzeitig darauf geachtet wird, dass die Nährlösung garnicht oder nur wenig auf Lakmuspapier reagiert. Diese Lösung bestand aus Leitungswasser mit 1 % Pepton und 1 % Liebig-Fleischextrakt.

In dieser Lösung halte ich den Pilz schon über ein Jahr lang in ununterbrochener ausgezeichneter Kultur, ohne dass bei genügend

1) Pringsheim, Nachträge zur Morphologie der Saprolegnieen. Jahrbücher f. wissenschaftl. Botanik. Bd. II. 1860.

2) Bezüglich Saprolegnia und Achlya vergl. Beobachtungen von Reinhardt; Plasmolytische Studien zur Kenntnis des Wachstums der Zellmembran, in Schwendener's Festschrift. S. 444.

Digitized by Google

schnellem Uebertragen in neue Bouillon irgend welche Spuren einer Degeneration eingetreten wären. Daraus ist der Schluss zu ziehen, dass ihm damit Bedingungen im Laboratorium gegeben sind, bei denen er sich ebenso wohl fühlt wie in der freien Natur.

Als Ausgangsmaterial hatte mir ein Mycelstück gedient, welches ich, wie erwähnt, anfang April 1901 in der Panke gesammelt hatte und anfänglich auf Mehlwurm, später nur noch in Bouillon zog. Schätzungsweise berechnet habe ich ihn durch über hundert Impfgenerationen weiter gezüchtet. Gelegentlich habe ich dann die Eigenschaften dieses „Stubenzöglings" mit frischem Material aus der freien Natur durch weiter unten zu schildernde Versuche verglichen, ohne zu beobachten, dass er geschwächt wäre.

Dieses ganze Material stammt sicher von einem Individuum ab, denn wenn ich auch nicht von einer einzigen Schwärmspore ausgegangen bin, so habe ich doch oft genug kleine Randpartien des ausstrahlenden Gelatinematerials abgestochen, wo bei der Gleichmässigkeit dieser Randstrahlen ein Durchkreuzen mit Fäden anderer Individuen ausgeschlossen war[1]).

Da in meiner Pepton-Liebig-Bouillon keine Kohlehydrate enthalten sind, so war sicher, dass Leptomitus solcher zum Gedeihen nicht bedarf, wiewohl seine Membranen aus reiner Cellulose aufgebaut sind. Er deckt also ganz offenbar seinen grössten Bedarf an organischen Substanzen aus Eiweiss und eiweissartigen Verbindungen.

Wir werden deshalb zweckmässig mit diesen Stoffen beginnen und an erster Stelle die Frage aufwerfen:

a) Aus welchen Stoffen bezieht Leptomitus den Stickstoff?

Der Abbau der Eiweissstoffe geschieht in der freien Natur, ganz kurz gesagt, im allgemeinen in der Reihenfolge: Eiweiss, Albumosen, Peptone, Amidoverbindungen, Ammoniaksalze, Nitrite, Nitrate, wobei die letzten beiden wohl wesentlich unter dem Einfluss nitrificierender Bakterien aus den Ammoniakverbindungen wieder oxydiert werden.

Was zunächst die ersten Gruppen betrifft, so habe ich von den durch Hydrolyse aus den Eiweisssubstanzen hervorgehenden Stoffen vor allem das Pepton benutzt.

In einer wässerigen Lösung mit 1 % käuflichem Pepton (Peptonum

1) Mit Leptomitus brachynema und pyriferus habe ich mich nicht beschäftigt.

siccum) wächst Leptomitus eine Zeitlang ganz üppig, freilich nicht so ausgiebig und zuverlässig wie bei Zusatz von Fleischextrakt.

Nach dem Gesetz vom Minimum sollte der Pilz sich in dieser nur unvollkommenen Lösung nicht zu lange entwickeln, man darf aber nicht vergessen, dass das käufliche Pepton wohl meist nicht frei von fremden Beimengungen ist.

Bereitet man die Flüssigkeit unter gleichzeitiger Verwendung von Knop'scher Nährlösung, so ergibt sich natürlich eine grössere Wachstumsintensität.

Dass, wie auch schon kurz erwähnt, der Pilz sich zunächst auch ganz gut in einer Nährflüssigkeit entwickelt, welche lediglich 1 % Liebig-Fleischextrakt enthält, darf auch nicht verwundern, denn neben Albumosen in geringer Menge und anorganischen Nährsubstanzen finden sich darin noch sogenannte Fleischbasen, die offenbar auch einen Nährwert für den Pilz besitzen. Die Albumosen sowie Pepton waren in solcher Lösung nicht nachzuweisen, wenigstens nicht mittels der Biuretreaktion.

Das Wachstum in der reinen Fleischextraktlösung steht deutlich hinter dem in unserer normalen Nährlösung zurück. In dieser letztgenannten kann natürlich bei längerer Kultur eine deutliche Abnahme der Peptonmenge dadurch leicht nachgewiesen werden, dass nach Ablauf des Versuches das durch die Biuretreaktion erzielte Violett viel schwächer ausfällt als zu Beginn desselben.

Auch Fleischwasser wirkt auf das Wachstum unseres Pilzes günstig. Wird kein Zusatz von Pepton gemacht, sondern werden nur 1 Teil mageres Rindfleisch mit 2—4 Teilen Leitungswasser zur Herstellung der Lösung versetzt, so erhält man eine für kürzere Zeit recht günstig wirkende Bouillon. Pepton liess sich in derselben nicht nachweisen.

Nimmt man etwa 7 Teile Wasser auf 1 Teil Fleisch, so ergibt sich, wie zu erwarten ist, ein geringeres Wachstum.

Die Albuminoidsubstanz Gelatine wird von Leptomitus nur langsam verflüssigt (peptonisiert). Legt man z. B. Fleischextraktgelatine-Plattenkulturen an, so wird die Gelatine in der Mitte der entstehenden Kolonien allmählich dickflüssig, während die peripherischen Fäden noch nicht verflüssigen. Selbstverständlich ist bei diesen Versuchen aufs sorgfältigste darauf zu achten, dass keinerlei Bakterien zugegen sind.

Ob koagulierte Eiweissstoffe von Leptomitus angegriffen werden, kann ich nicht sicher angeben, da mir diesbezügliche ein-

gehende Versuche fehlen. Spiesst man den Pilz auf gekochtes Hühnereiweiss, so wächst er zwar, doch nicht ergiebig; es scheint also, dass solche Eiweissstoffe nur in geringem Grade verwendet werden können.

Gelegentlich habe ich auch bei Plattenkulturen gesehen, dass Kolonien nicht verflüssigender Bakterien von den Fäden des Pilzes umwachsen wurden, doch ist daraus bezüglich der Verwendung von Eiweissstoffen nichts sicheres zu schliessen, da hier die Ausscheidungsprodukte der Bakterien chemotaktisch wirken könnten.

Ebenso günstig wie tierische, wirken auch die pflanzlichen Eiweissstoffe und deren Verwandte, eine Erscheinung, die bei pflanzenphysiologischen Experimenten oft beobachtet wird. Von den als Ausgangsprodukt für solche Versuche sehr beliebten Erbsen braucht man nur ca. 6—10 Stück auf 100 ccm Leitungswasser zu nehmen, um eine günstige Nährflüssigkeit zu erhalten. Ich habe mich derselben aber nicht gern bedient und zwar deshalb nicht, weil die gewonnene Lösung oft Trübungen zeigt.

Auch von Natur wasserhaltige Reservestofforgane, wie Kartoffeln, kann man mit Vorteil benutzen, doch gestatten solche Auszüge nicht ohne weiteres Schlüsse auf die Verwendung von eiweissartigen Stoffen zur Ernährung, da gleichzeitig reiche Mengen von Kohlehydraten vorhanden sind. Indessen wirken die Eiweissstoffe auch hier, wie wir später sehen werden. Der rohe Saft der Kartoffel wird zur Bereitung brauchbarer Lösungen zweckmässig mit der fünffachen Menge Wasser verdünnt. Man prüfe zur Vorsicht auch die Reaktion.

Was nun die Amidoverbindungen anbetrifft, so habe ich in erster Linie Asparagin probiert.

Knop'sche Nährlösung, mit 1 % Asparagin versetzt, liefert nach meinen bisherigen Erfahrungen keine günstige Nährflüssigkeit. Die Fäden wuchsen ein wenig, hatten normales Aussehen, doch kamen sie nicht zu lebhafter Entwicklung. Penicillium, welches vergleichsweise in solcher Lösung gezogen wurde, entwickelte sich dagegen sehr üppig. Man sieht also, wie sehr Leptomitus sich bezüglich seiner Ernährungsweise specialisiert hat.

Nahm ich statt der Knop'schen Salze 0.3 % Erbsenasche, so erzielte ich keine günstigeren Resultate.

Dagegen wirkte Asparagin in Verbindung mit 1 % Fleischextrakt recht günstig; die Kulturen wuchsen doppelt so kräftig als bei Darbietung von Fleischextrakt allein. Offenbar kann es also in

Digitized by Google

den Stoffwechsel besser hineingezogen werden, wenn gleichzeitig noch wertvollere Stoffe vorhanden sind. Man könnte sich z. B. sehr gut denken, dass bei Darbietung von Asparagin als hauptsächlichste Stickstoffquelle dem Pilz die Möglichkeit, Kohlehydrate (z. B. Cellulose) zu bilden, genommen wird.

Nebenbei mag hier bemerkt werden, dass das käufliche Asparagin öfter etwas sauer reagiert, wahrscheinlich durch die Gegenwart von Asparaginsäure. Man tut dann gut, die Lösung zu neutralisieren, z. B. durch Soda.

Nach den Untersuchungen von Klebs an Saprolegnia mixta scheint bei diesem Pilz Asparagin günstiger zu wirken.

Leucin habe ich besonders deshalb in den Kreis der Untersuchungen mit einbezogen, weil event. zu hoffen war, dass Geschlechtsorgane durch diese Substanz ähnlich wie bei Saprolegnia mixta zur Entwicklung gebracht werden könnten. Es zeigte sich aber keine Spur. Leitungswasser mit $^1/_2$ % Leucin und $^1/_2$ % Fleischextrakt gibt eine günstige Nährlösung. Das darin gewachsene Material zeigt neben regelmässigen Fäden auch solche mit geweihartigen Zweigen, sodass dem Leucin ein gewisser gestaltbildender Einfluss wenigstens auf die vegetative Sphäre zuzukommen scheint.

Rotfärbung durch Millon's Reagens, Bräunung durch Jodlösung und Schwärzung durch Osmiumsäure deuten auf reichliche Bildung von Eiweiss und Fett in den Fäden bei Verwendung dieser Nährlösung hin.

Die Fettkügelchen befinden sich besonders in den Gliedern nahe der Oberfläche, wohl wegen ihres geringen specifischen Gewichtes. In der Pepton-Fleischextraktbouillon ist die Erscheinung ähnlich, doch nicht so ausgesprochen.

Dem Harnstoff scheint keine wesentliche Rolle bei der Ernährung des Pilzes zuzukommen, wohl deshalb, weil der Stickstoff in einer Form darin vorkommt, welche dem Ammoniak so nahe ist. Urin mit der 10fachen Menge Wasser verdünnt, gestattet zwar etwas Wachstum, aber kein ergiebiges. Wird nur die 4fache Menge Wasser genommen, so ist die Nährlösung zu konzentriert; die Fäden bleiben zwar lebend, wachsen aber nicht.

Mit den Ammoniaksalzen der organischen und anorganischen Säuren erzielte ich gleichfalls nur unwesentliches Wachstum. Ich benutzte:

1. Bernsteinsaures Ammon, neutralisiert mit saurem, weinsaurem Kali, in einer Konzentration von 1 % gelöst in Knop'scher Nährlösung.
2. Saures apfelsaures Ammon in 0,1 proz. Lösung.
3. Nitrate in der Knop'schen Nährlösung in Verbindung mit 1 % Glycerin bezw. 1 % Mannit.
4. Betreffs der Versuche mit Ammoniak, Ammoniumnitrat und Zucker (s. weiter unten).

Bezüglich der mit diesen Lösungen erzielten Resultate sei folgendes bemerkt:

ad 1. Bei Kultur in bernsteinsaurem Ammon strahlen nur wenige, inhaltsarme Fäden aus.

ad 2. Mit saurem apfelsaurem Ammon erzielte Klebs bei Saprolegnia mixta recht günstige Erfolge. Da eine 0,1 proz. Lösung dieser Substanz ziemlich stark sauer reagiert, ist dieses Resultat einigermassen verwunderlich, da Saprolegnia mixta nach Angabe des Verfassers sonst gegen Säuren sehr empfindlich ist.

Leptomitus zeigte in 0,1 proz. Lösung dieser Substanz nur ein ganz schwaches Wachstum, auch wenn die Lösung vorher mit Ammoniak neutralisiert war. Die Fäden waren inhaltarm und schickten sich hier und da zur Bildung von Sporangienanlagen an.

ad 3. Die Lösungen mit Glycerin und Mannit führten sehr bald zu ziemlich lebhafter Sporangienbildung. Später bildeten sich zahlreiche Keimpflanzen.

Quantitative Studien über die event. Abnahme der Nitrate in diesen Lösungen habe ich nicht angestellt.

Den unter 1—3 genannten Substanzen wird, nach diesen orientierenden Versuchen zu urteilen, keine wesentliche Rolle bei der Ernährung des Leptomitus zukommen.

Ueberblicken wir alle vorstehend in diesem Kapitel mitgeteilten Versuche, so geht aus denselben übereinstimmend hervor, dass Leptomitus zu üppigem Gedeihen vorwiegend hochmolekularer Stickstoffverbindungen bedarf.

Wenn diese im Laboratorium ermittelten Tatsachen richtig waren, mussten sie sich mit den bei der Reinigung der Schmutzwässer gemachten Erfahrungen, besonders mit den Beobachtungen in den Ab-

zugsgräben der Rieselfelder decken. Es musste vor allem die Vermutung zutreffen, dass zwischen der Menge im Wasser vorhandener fäulnisfähiger Stoffe und den darin wachsenden Wasserpilzen gewisse Beziehungen beständen. Wir kommen mithin zu der wichtigen Frage:

b) Wie steht das Wachstum des Leptomitus in Beziehung zu den im Wasser vorhandenen fäulnisfähigen Stoffen?

Leptomitus findet sich in massenhafter Entwicklung in solchen Vorflutern, welche Abwässer aus Städten, Zuckerfabriken, Stärkefabriken, Schlachthäusern u. a. m. aufnehmen. Die ungereinigten Rohabwässer solcher Herkunft haben durchweg die Neigung zur fauligen Zersetzung unter deutlicher Entwicklung von Schwefelwasserstoff. Von der bei Zuckerfabrikabwässern ausserdem vorkommenden sauren Gärung soll später noch ausführlicher die Rede sein.

Durch Passieren von Rieselfeldern wird den genannten Abwässern mehr oder weniger vollkommen die Fäulnisfähigkeit genommen, wobei ein Abbau der hochmolekularen Stickstoffverbindungen zu einfacheren stattfindet oder — chemisch gesprochen — der organische Stickstoff zu Ammoniakstickstoff abgebaut wird, ein Prozess, wie er auch beim Ausfaulen, beim Mineralisieren verschmutzter Gewässer sich abspielt.

Im wesentlichen ähnlich verläuft der Prozess bei Behandlung der Abwässer nach dem biologischen Verfahren, nur findet hier statt des Bodens bekanntlich Koks oder Schlacke Verwendung.

Der Freundlichkeit meines Kollegen Dr. Thumm verdankte ich die Möglichkeit, solche Reinigungsversuche im Laboratorium durchzuführen, indem er mir von ihm hergerichtete, mit Schlackestückchen gefüllte Eimer zur Verfügung stellte und bei den Versuchen mich durch wertvolle Ratschläge unterstützte. Bezüglich der Konstruktion der Eimerkörper verweise ich auf seine eigenen, künftigen Publikationen.

Die im folgenden mitgeteilten Analysen wurden von meinen chemischen Kollegen freundlichst ausgeführt.

Die ersten Versuche stellte ich mit der Pepton-Fleischextraktbouillon an. Da dieselbe aber, verglichen mit Abwasser, sehr konzentriert war, so verdünnte ich sie mit der hundertfachen Menge Leitungswasser. Um weiter die Verhältnisse in der freien Natur nach Möglichkeit getreu nachzuahmen, kultivierte ich bei diesen Versuchen den Pilz in fliessendem Wasser. Zu diesem Zwecke liess ich die verdünnte Bouillon aus einer ca. 10 l fassenden Flasche mittels Hebers

bis an den Boden einer Glasdose abfliessen, welche ein durch einen Objektträgersplitter an einer Ecke beschwertes Stückchen Leptomitus enthielt. Die zuströmende Flüssigkeit lief über den Rand der Dose über und tropfte in eine unterstehende Wanne. Diese Einrichtung erwies sich für die vorliegenden Zwecke als völlig ausreichend. Ein Sterilisieren der Nährlösung war überflüssig, da sie oft genug erneuert wurde, um Fäulnis zu verhüten.

Beim ersten Versuch verwendete ich, wie gesagt, hundertfach verdünnte Bouillon, welche also pro Liter 100 mg Pepton und 100 mg Fleischextrakt enthielt. Die Analyse derselben ergab:

Permanganatverbrauch pro Liter	155	mg
Organischer Stickstoff	23	„
Ammoniakstickstoff	0,5	„

Beim Stehenlassen der Lösung entstand starke Fäulnis. Liess ich diese verdünnte Bouillon durch die das Leptomitusmycel enthaltende Dose fliessen, so begann dasselbe üppig zu wachsen und füllte nach Verlauf von 8 Tagen die ganze Glasdose dicht aus. Dabei war das Frischgewicht der Pilzwucherung auf über das 20 fache des ursprünglichen gestiegen. Die Fäden machten nach Form und Inhalt einen durchaus normalen Eindruck. Sie waren vegetativ weitergewachsen und hatten nicht ein einziges Sporangium entwickelt. Zwischen denselben hatten sich natürlich, da nicht sterilisiert worden war, hier und da Bakterien entwickelt. Wie der Versuch lehrte, hatten diese Bakterien aber keinen Einfluss auf seinen Verlauf.

Es fragte sich nun: Wie wird der Pilz sich verhalten in derselben Bouillon, aber nachdem diese durch ca. 3 stündigen Aufenthalt in den Kokseimern die Fäulnisfähigkeit verloren hat?

Da vorauszusehen war, dass der Abbau durch die Koksfiltration recht erheblich sein würde, so füllte ich doppelt so starke Bouillon auf als die oben genannte. Dieselbe hätte also bei der Analyse ergeben.

Permanganatverbrauch pro Liter	310	mg
Organischer Stickstoff	46	„
Ammoniakstickstoff	1	„

Wie vermutet, hatte die Bouillon beim Ablassen aus den Eimern ihre Fäulnisfähigkeit vollständig verloren. Selbst nach längerem Stehen in verschlossenen 200 g-Flaschen blieb der Geruch schwach moorig, manchmal ganz wenig kohlartig. Die Reaktion war schwach alka-

Digitized by Google

lisch, das Aussehen klar. Schwefelwasserstoffbildung fehlte natürlich vollkommen. Die Analyse ergab folgende Werte:

Permanganatverbrauch pro Liter	50 mg
Organischer Stickstoff	15 „
Ammoniakstickstoff	3 „
Salpetrige Säure	viel
Salpetersäure	viel

Solches Wasser wurde nun, ganz ebenso wie vorher beschrieben, über Leptomitus laufen gelassen. Das Resultat war in 3 Versuchen ganz übereinstimmend und schlagend. Der Pilz wuchs nicht oder nicht nennenswert und bildete vom dritten oder vierten Tage ab, wie das für Leptomitus charakteristisch ist, reichlich Schwärmsporen. Statt Bakterien hatten sich zwischen den Fäden verschiedene Protozoen eingefunden, wie Glaucoma, Stylonychia, Amphileptus, Actinophrys, Amoeba u. a. m. Die Fadenglieder waren nach Ablauf jedes Versuches inhaltsarm.

Um nun weiter zu prüfen, ob nicht schliesslich doch Eimerabflüsse erzielt werden könnten, welche nicht faulen, den Leptomitus aber reichlich ernähren, beschickte ich die Eimer mit einer nur etwa 10 fach verdünnten Bouillon, deren Permanganatverbrauch in diesem Falle 1730 mg pro l betrug. Das nach dreistündigem Aufenthalt in den Eimern abfliessende Wasser wies nur noch einen Permanganatverbrauch von 140 mg auf, faulte nicht mehr eigentlich, behielt aber einen ziemlich unangenehmen, kohlartigen Geruch.

Bei den mit diesem Wasser angestellten Versuchen ergab sich nun, dass im Gegensatze zu den ersten Versuchen keine Schwärmsporen mehr gebildet wurden, der Pilz wuchs auch ein wenig; er hätte wohl noch zu weiterer Entwicklung kommen können, wenn nicht Bakterien und Protozoen ein gewisses Uebergewicht erlangt hätten.

Man sieht jedenfalls soviel, dass mit der Verschlechterung des Reinigungseffektes die Chancen für das Gedeihen des Pilzes zunehmen, dass also in der Tat um so eher eine Garantie für das Fernhalten des Pilzes gegeben ist, als die fäulnisfähigen Stoffe nach Möglichkeit zersetzt werden. Die Menge organischen Stickstoffs, welche im Minimum im Fluss- oder Bachwasser vorhanden sein muss, um das Wachstum des Leptomitus zu ermöglichen, wird sich nach diesen und den folgenden Versuchen durch eine bestimmte Zahl kaum ausdrücken lassen, da es wesentlich auf die chemische

Digitized by Google

Zusammensetzung der Substanz ankommt, welche den Stickstoff enthält. Wir sahen nämlich, dass der Pilz in einer Nährlösung mit einem Gehalt von 23 mg org. N pro l recht üppig wuchs — und auch beim Verdünnen der Lösung mit gleichen Teilen Wasser (so dass wir etwa 12 mg org. N erhalten würden), ist noch Wachstum anzunehmen, da solche Lösung noch fault —, in der oben genannten mit einem Gehalt von ca. 15 mg org. N pro l dagegen kein Wachstum zeigte, da hier eben die fäulnisfähigen Substanzen zu einfacheren, nicht mehr faulenden abgebaut waren.

Aus Versuchen von Dunbar und Thumm[1]) hat sich ergeben, dass fauligen Abwässern mit 78,4, 29,9, 9 mg org. N im Liter durch das biologische Verfahren die Fäulnisfähigkeit genommen werden konnte, wobei der Gehalt an org. N im Liter auf 31,36 bezw. 9,7 bezw. 3,4 mg zurückging, so dass also Abwässer mit 9 bis 31,36 mg org. N im Liter je nach der Form, in welcher sie den Stickstoff enthielten, faulten oder die Fähigkeit dazu verloren hatten. Weitere Versuche würden wahrscheinlich lehren, dass diese Grenze noch erweitert werden kann.

Aus allen vorstehend geschilderten Versuchen sehen wir also in der Tat, dass nicht der organische Stickstoff an sich, sondern die Form, in der er sich findet, für die Beurteilung des Reinheitsgrades von Gewässern wesentlich massgebend ist. Dasselbe gilt ferner von den organischen Substanzen überhaupt, deren Bestimmung in absoluten Zahlen keinen Schluss auf die specifische Natur dieser Stoffe gestattet[2]). Es wäre naturgemäss das beste, durch bestimmte Reagentien die genannten Stoffe näher zu charakterisieren, indessen reichen z. Z. die Analysenmethoden in praktischer Beziehung dazu noch nicht aus. Bei solcher Sachlage kann es deshalb nur erwünscht sein, dass wir in den lebendigen Organismen bis zu einem beachtenswerten Grade derartige Kriterien besitzen.

Da die Experimente mit fliessenden Nährlösungen etwas umständlich und platzraubend sind, habe ich die entsprechenden Kulturversuche auch in durch Deckel verschlossenen Dosen angestellt, wesentlich mit

---

1) Dunbar und Thumm, Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwasserreinigungsfrage mit besonderer Berücksichtigung der biologischen Reinigungsverfahren. München und Berlin. 1902. S. 13.

2) In England legt man noch jetzt den absoluten Zahlen grossen Wert bei. Vergl. dazu z. B. Moore, Sanitary Engineering. 2. ed. 1901. p. 516.

Digitized by Google

denselben Resultaten. Hierbei ist natürlich eine Sterilisation der Flüssigkeiten unvermeidlich.

Kultivierte ich den Pilz, nachdem er in sterilem Wasser abgespült worden war, in hundertfach verdünnter, nicht fliessender Pepton-Fleischextrakt-Bouillon, so trat ein deutliches Wachstum ein, aber die Fäden waren fettarm und hyalin, so dass der Pilz in seiner Gesamtheit — um einen Vergleich zu gebrauchen — den Eindruck einer zarten Qualle machte. Sporangienbildung war nicht zu beobachten.

Um neben diesen Versuchen mit künstlichen Nährlösungen auch wirkliche Abwässer zu benutzen, experimentierte ich mit Berliner Kanalwasser. Dasselbe wurde in die Eimer eingefüllt, nachdem sich die Hauptmengen der Sinkstoffe sedimentiert hatten, d. h. also einige Stunden nach der Entnahme aus der Pumpstation.

Nachdem ein genügendes Einarbeiten der Versuchseimer eingetreten war, wurde das abfliessende Wasser zum Versuch verwendet. Die Analyse ergab folgende Zahlen:

Permanganatverbrauch	pro	Liter	87	mg
Organischer Stickstoff	„	„	0	„
Ammoniak-Stickstoff	„	„	4	„
Salpetersäure . . .	„	„	mässig	viel
Salpetrige Säure . .	„	„	„	„

Die Reaktion war schwach alkalisch, der Geruch ein wenig kohlartig.

Mit dieser Flüssigkeit stellte ich nur Dosenversuche an, ohne also das Wasser fliessen zu lassen. Es fand dabei kein Wachstum statt, weder in der sterilisierten noch in der unsterilisierten Lösung. Das eingeimpfte Material blieb aber lebend und zeigte hier und da Ansätze zur Sporangienbildung. Man wird also aus diesen Versuchen schliessen können, dass Drainwässer von ähnlicher Beschaffenheit schwerlich irgend welche Pilzkalamitäten hervorrufen werden.

Direkt vom städtischen Rieselfeld entnommenes Drainwasser mit einem Permanganatverbrauch von 100,4 mg und einem Abdampfrückstand von 573 mg pro Liter (im Durchschnitt haben die Drainwässer der Berliner Rieselfelder einen Permanganatverbrauch von 40—50 mg) gestattete, wie Dosenversuche lehrten, dem Leptomitus kein irgendwie nennenswertes Wachstum; es trat sehr bald reichlich Sporangienbildung ein.

Bei Aufbewahren in verschlossenen Flaschen faulte dieses Wasser

Digitized by Google

nicht: der Geruch war und blieb etwas moorig. Von Organismen fanden sich darin nur ganz vereinzelt einige Protozoen.

Mit diesen Ausführungen sind wir bei dem gleichsam schon mineralisierten Wasser angekommen; es ergibt sich aus allem deutlich, dass mit dem Fortschreiten des Mineralisierungsprocesses für den Pilz immer unzureichendere Existenzbedingungen eintreten.

Es entsteht nun weiter die wichtige Frage nach dem Verhalten des Pilzes bei immer weiter fortschreitendem Nahrungsentzug.

c) Ueber das Verhalten des Leptomitus in reinem Leitungswasser.

Solange man es bei der Kultur eines Pilzes mit einer Nährlösung zu tun hat, in welcher er üppig gedeiht, wird man leicht Kriterien für sein Wohlergehen finden. In dem Masse aber, als die äusseren Ernährungsbedingungen sich ungünstiger gestalten, wird es schwieriger zu entscheiden, was in seinem Verhalten als Abwehr gegen ungünstige Beeinflussungen, was als wirklicher Ausdruck wahrer Not zu deuten sei. Um also bei solchen Experimenten klar urteilen zu können, wird es nötig sein, zuvor ausgesprochene Extreme zu studieren. So wenigstens möchte ich es motivieren, dass ich auf ein Kapitel, welches vorwiegend von der besten Art der Ernährung handelt, ein solches folgen lasse, welches sich mit den dürftigsten Existenzbedingungen beschäftigt.

Impft man ein Stück Mycel von Leptomitus in steriles Leitungswasser über, so wächst es oft weiter, selbst wenn man das aus der Nährbouillon entnommene Impfmaterial vor dem Uebertragen in das Wasser sorgfältig abgespült hat. Dieses Wachstum (vergl. Taf. II, Fig. 6) ist indessen beschränkt und, wie leicht einzusehen, abhängig von den im Impfmaterial gespeicherten Nährstoffen an Fett und Eiweisssubstanzen. Nach den Untersuchungen von Klebs scheint solches Auswachsen in reinem Wasser bei Saprolegnia mixta weit weniger in die Erscheinung zu treten, da sie sich unter solchen Verhältnissen schon innerhalb 24 Stunden zur Schwärmsporenbildung anzuschicken pflegt.

Dieses Phänomen tritt bei Leptomitus allerdings auch ein, nach meinen Beobachtungen indessen nicht vor Ablauf von 48 Stunden, meist sogar erst nach 3 Tagen und auch dann nicht immer mit gleicher Promptheit.

Im allgemeinen gilt aber auch für Leptomitus die Regel, dass

Digitized by Google

beim Uebertragen gesunden Materials in Leitungswasser Schwärmsporenbildung beginnt.

Ist dieses Impfmaterial arm an Nährstoffen, z. B. in sehr verdünnter Bouillon erzogen, überträgt man ferner nur eine verhältnismässig kleine, leichter auszuspülende Portion des Pilzes, so wird der Prozess der Schwärmsporenbildung um so sicherer zu erwarten sein.

Tritt indessen das oben geschilderte Auswachsen ein, so hat dies immerhin ein solches habituelles Gepräge, dass bei einiger Kenntnis nicht der Glaube entstehen kann, als liefere das Wasser noch Nährstoffe. Die zart ausstrahlenden Fäden sind nämlich ziemlich inhaltarm und verjüngen sich centrifugal mehr und mehr, bis sie ganz spitz werden (Taf. II, Fig. 6). Tritt nun Schwärmsporenbildung ein, so pflegt dieselbe an den ursprünglichen, dickeren Mycelteilen zu entstehen, hier und da aber auch an den dünneren Fäden. Solche Sporenbildung kann unter Umständen so reichlich sein, dass nach 4 bis 5 Tagen förmliche weisse Wolken von Sporen entstehen.

Dieselbe Erscheinung, welche in Leitungswasser zu beobachten ist, tritt auch beim Ueberimpfen auf Kieselgallertböden ein, welche bekanntlich ganz frei von organischen Stoffen sind. Auch hier strahlen von den Impfflöckchen radienartig Fäden aus; es kommt sogar auch zur Bildung von Sporangien.

Kultiviert man Leptomitus in strömendem Wasser, z. B. unter ähnlicher Versuchsanstellung wie bei den im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Experimenten, so beginnt, ohne dass Wachstum einzutreten braucht[1], reichlich Schwärmsporenbildung, manchmal schon nach 48 Stunden. So beobachtete ich nach Ablauf dieser Zeit in einem 1,5 qcm grossen Versuchsrasen des Pilzes mindestens 6000 Sporen. Schliesslich tritt eine erhebliche Erschöpfung des ganzen Materials ein. Aehnliches beobachtet man bei Kulturen unter der strömenden Wasserleitung, selbst wenn dabei das Material mit einem Mehlwurme in Berührung bleibt.

Die Analyse des zu den Versuchen dienenden Leitungswassers ergab folgende Zahlen:

Permanganatverbrauch pro Liter	24 mg.
Organischer Stickstoff	Bruchteile eines Milligramm.
Ammoniak	Spuren.
Nitrit	fehlt.
Nitrat	fehlt.

1) Vielleicht bleibt dasselbe bei dieser Versuchsanstellung immer aus.

Digitized by Google

Frisches Penicilliummycel, zum Vergleich in solches reines Wasser übertragen, sah ich unter diesen Bedingungen absterben, ohne dass ein wahrnehmbares Wachstum vorausgegangen wäre.

d) Das Verhalten des Leptomitus zu den Kohlehydraten.

Ferdinand Cohn in Breslau hat sich bekanntlich in den Jahren 1881—1887 vielfach mit den Abwässern von Zuckerfabriken beschäftigt und in drei Gutachten, welche im 1. Heft dieser „Mitteilungen“, S. 37, citiert sind, die wichtigsten Ergebnisse dieser Studien mitgeteilt. Dabei brachte Cohn wesentlich neue Gesichtspunkte für die Erforschung der Zuckerfabrikabwässer bei, vor allem wies er die aus den Kohlehydraten entstehende Buttersäuregärung und das Vorhandensein der Buttersäurebacillen nach.

In dem Gutachten betreffend die Kampagne 1884/85 spricht er dann weiter die Vermutung aus, dass die Kohlehydrate der Abwässer nicht blos den vergärenden Buttersäurebakterien[1]) anheimfielen, sondern an zweiter Stelle auch von den Wasserpilzen, darunter Leptomitus, verwendet würden, während die Eiweissstoffe durch die gewöhnlichen Fäulnisbakterien zersetzt würden.

Während also für Cohn das Schema gilt:

Kohlehydrate { Buttersäurebakterien, Wasserschimmelpilze

Eiweissstoffe { Fäulnisbakterien

komme ich auf Grund meiner Versuche zu dem Schema:

Kohlehydrate { Buttersäurebakterien

Eiweisstoffe { Wasserschimmelpilze, Fäulnisbakterien,

wobei dann naturgemäss ein Konkurrenzkampf zwischen den Wasserschimmelpilzen und den Fäulnisbakterien beginnen muss. Wir kommen weiter unten auf diesen Kampf wieder zurück.

Die gleiche Ansicht, dass die Entwickelung der Wasserpilze wesentlich durch die Kohlehydrate, also stickstofffreie Verbindungen, bedingt würde, spricht Cohn weiter in dem dritten Gutachten vom Jahre 1887 aus.

Die vorstehenden Ausführungen mögen genügen, um die Gründe klarzulegen, welche das Studium über die Beteiligung der Kohlehydrate beim Ernährungsprozess des Leptomitus rechtfertigen.

---

1) Zuckerfabrikabwässer enthalten auch Milchsäure.

In den vorhergehenden Kapiteln ist der Nachweis geführt worden, dass Leptomitus ohne alle Kohlehydrate auskommen und sehr regelmässig und üppig wachsen kann; es entsteht hier nur die Frage, ob entweder der Zusatz von Zucker sein Wachstum beschleunigt oder ob der Pilz bei Mangel von Eiweissnahrung sich nach Analogie vieler Schimmelpilze solche aus Kohlehydraten und Ammoniaksalzen oder Nitraten synthetisieren kann.

Bezüglich der ersten Frage habe ich einige Versuche angestellt und eiweisshaltigen Nährlösungen 1 % Zucker zugesetzt, ohne einen Einfluss dieses Zusatzes feststellen zu können. Es ist auch nicht wahrscheinlich, dass geringere Mengen Zucker anders wirken, da Leptomitus gegen Konzentrationsschwankungen unschädlicher Substanzen ziemlich unempfindlich ist. Er kann sogar noch in einer Lösung von 5 % Zucker wachsen. Indessen will ich an der Hand der folgenden Versuche erörtern, inwiefern gelegentlich doch ein Einfluss, wenn auch anderer Art, stattfinden könnte. Verwendete ich nämlich zur Beantwortung der zweiten Frage Knop'sche Nährlösung[1]) unter Zusatz von 1 % Kandis- oder Traubenzucker[2]), so beobachtete ich etwas Wachstum, auch wenn ich verhältnismässig wenig Material einimpfte, wobei die Fäden normale Gestalt zeigten. Die ausstrahlenden Hyphen bildeten aber keine dichten, sondern nur ganz lockere Massen. Der Zellinhalt war im allgemeinen mager, doch trat Sporangienbildung relativ selten und nur schwach ein.

Diese Erscheinung erklärt sich offenbar so, dass der Zuckerzusatz sparend wirkt. Es ist ja eine allgemein verbreitete Erscheinung, dass Kohlehydrate veratmet werden. Liefert nun das umgebende Medium solche Stoffe, so bleiben sie naturgemäss dem Organismus selbst erhalten und können anderweitig verbraucht werden, z. B. zum Aufbau der Cellulosemembranen.

---

1)

Leitungswasser . . .	100 ccm
Calciumnitrat	0,100 g
Kaliumnitrat	0,025 g
Kaliumchlorid . . .	0,025 g
Monokaliumphosphat . .	0,025 g
Magnesiumsulfat . . .	0,025 g
Eisenchlorid	Spur

Die Höchstgrenze für Kaliumphosphate liegt bei ca. 0,1 % wegen deren saurer oder alkalischer Reaktion. Die beim Sterilisieren entstehenden Niederschläge filtrierte ich nicht ab. Die Lösungen waren neutral oder ganz schwach sauer.

2) Zusatz von 2 % Traubenzucker wirkte ähnlich.

Untersuchungen über die Abnahme der stickstoffhaltigen Salze in der Nährlösung habe ich nicht angestellt, da der ganze Habitus auf ein Wachstum schliessen liess, welches weit hinter dem in eiweisshaltigen Nährflüssigkeiten zurücksteht, wenn überhaupt Neubildung von Körpersubstanz stattgefunden hat.

Um einige Anhaltspunkte bezüglich der Wirkung der Pektinstoffe zu gewinnen, benutzte ich Pektin aus der Himbeere, das ich zufällig in Form dicker, gallertiger Platten erhielt. Dieselben wurden ausgewässert, dann ausgepresst, getrocknet und mit feinem, gewaschenem Seesand zerrieben. Wurde nun Knop'sche Nährlösung zugesetzt, so entstand eine Flüssigkeit, welche statt des Zuckers in ziemlich reichlicher Menge feinste Splitterchen von Pektin enthielt. Dieser allerdings nur orientierende Versuch lehrte, dass so präparierte Pektinmassen keinen Nährstoff für Leptomitus abgeben, auch von dem Pilz nicht umstrickt wurden.

Kondenswässer aus Zuckerfabriken habe ich nicht direkt prüfen können, habe aber versucht, solche Wässer in roher Annäherung künstlich herzustellen, indem ich eine 0,1 proz. Kandiszuckerlösung mit soviel Ammoniak versetzte, dass pro Liter ca. 4 mg[1]) vorhanden waren. Diese Lösung reagierte deutlich, wenn auch sehr langsam, auf Lakmuspapier.

Die so hergerichtete Lösung liess ich in ähnlicher Weise, wie vorher beschrieben, über Leptomitusmyceel 4 Tage lang fliessen. Als Resultat ergab sich, dass kein Wachstum eintrat, sondern schon nach ca. 48 Stunden zahlreiche Sporen austraten und zur Bildung von Keimpflanzen Anlass gaben. Diese Lösung wirkt also wie reines Wasser; beim Stehenlassen ging sie nicht in stinkige Fäulnis über.

Wenn nun dieser und die vorher beschriebenen Versuche für Kondenswässer genannter Fabriken auch nicht absolut massgebend sein können, so ist immerhin sehr wahrscheinlich, dass Kondenswässer die Entwicklung von Leptomitus direkt (vergl. aber S. 80) nicht wesentlich begünstigen. Wenn in den Gräben, welche die Kondenswässer aufnehmen, Leptomitus sich reichlich entwickelt[2]), so ist wohl anzunehmen, dass ausser den Kondenswässern auch noch andere, nähr-

1) Kondenswässer der Zuckerfabriken sind meist viel ammoniakreicher, doch wollte ich die Lösung nicht zu ätzend machen, sondern dem Pilz möglichst günstige Bedingungen schaffen.

2) Mez, Zur Frage der fäulnisfähigen Industrieabwässer. Zeitschr. f. Gewässerkunde. Bd. 2. 1899. S. 11.

stoffreichere Abwässer durch solche Gräben abfliessen, die um so günstiger wirken, als die Kondenswässer bei der zur Kampagne herrschenden Kälte etwas wärmend wirken. Bezüglich des Einflusses grösserer Ammoniakmengen auf den Pilz vergl. S. 69.

Endlich benutzte ich zum Studium über die Wirkung des Zuckers noch den Saft der Zuckerrübe. Um denselben zu gewinnen, wurde eine Rübe auf dem Reibeisen zerrieben und in einer Porzellanschale soweit mit Wasser übergossen, dass die zerriebene Masse bedeckt war. Hierauf wurde das ganze erhitzt, mit einem Tuch ausgedrückt und die so erhaltene Flüssigkeit mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnt. Die Reaktion der so erhaltenen Lösung war deutlich sauer. Schon aus diesem Grunde empfahl es sich, zu Kulturzwecken diese Lösung noch weiter zu verdünnen, z. B. mit der 4—5fachen Menge Wasser. Dieses Verhältnis habe ich durch Versuche als das günstigste betreffs des Wachstums ermittelt, ohne damit behaupten zu wollen, dass koncentriertere Lösungen tödlich wirken.

Der so präparierte Saft enthält neben ziemlich reichlichen Mengen von Rohrzucker auch Spuren von Traubenzucker. In solchem Saft wächst Leptomitus sehr gut, offenbar wieder auf Kosten von hochmolekularen Stickstoffverbindungen. Zwar ist keine Biuretreaktion zu beobachten, oder wenigstens erst nach Eindampfen grösserer Flüssigkeitsmengen, doch entsteht mit Phosphorwolframsäure ein reichlicher Niederschlag. Wird der Saft der Fäulnis überlassen, so entwickelt er neben anderen stinkigen Stoffen auch deutlich Schwefelwasserstoff, wenn durch Zusatz von Kreide dafür gesorgt wird, dass die entstehende Buttersäure möglichst bald neutralisiert wird. Was hier fault, dürften Stoffe sein, die sich in den Zuckerrüben in gelöster unkoagulierbarer Form finden und den Stickstoff in mehr oder weniger hochmolekularen Verbindungen enthalten.

Pektine fehlten fast vollständig, da mittels Alkohol nur eine minimale Ausfällung erzielt werden konnte.

Zusammenfassend kann über die Bedeutung des Zuckers gesagt werden, dass er völlig entbehrlich ist, so lange Eiweissstoffe zur Ernährung in genügender Menge vorhanden sind; tritt Mangel an diesen ein, so wird Zucker in seiner Eigenschaft als Atmungsmaterial sparend wirken oder durch geringe synthetische Prozesse wohl auch zur Bildung geringer Mengen von Eiweissstoffen etwas beitragen können, doch schwerlich in dem Masse, dass durch seine Entwickelung irgendwelche Kalamitäten entstehen könnten.

e) Ueber die Bedeutung der anorganischen Salze für Leptomitus.

Kalium und Phosphorsäure werden sicherlich in erster Linie für das Wachstum des Leptomitus unentbehrlich sein, während ich dem Calcium und der Schwefelsäure eine geringere Rolle zuschreiben möchte und zwar auf Grund von Erfahrungen, die man an anderen Pilzen gemacht hat.

Die Phosphorsäure findet sich im Mycel in ziemlich reichlicher Menge (0,49 pCt. P_2O_5 im Abdampfrückstand) und kann durch Ammoniummolybdat leicht nachgewiesen werden, z. B. in der Weise, dass man den Saft des Mycels zwischen zwei Objektträgern auspresst und mit dem Reagens versetzt. Dieser Saft reagiert, mit seltenen Ausnahmen, sauer (nicht amphoter), wobei ich die saure Reaktion im allgemeinen dem Vorhandensein phosphorsaurer Salze (etwa KH_2PO_4) zuschreiben möchte. Diese Reaktion des Saftes ist für den Pilz etwas specifisches, denn sie ist auch zu beobachten, wenn er in schwach alkalischer Lösung kultiviert wird.

Die Phosphorsäure ist auch deshalb noch interessant, weil sie die einzige in Betracht kommende Substanz ist, welche mittels chemischer Reinigungsverfahren quantitativ ausgefällt werden kann.

Calcium kann im Saft des Pilzes auch leicht nachgewiesen werden (mittels Ammoniumoxalats), doch verdient dasselbe wohl weniger Beachtung, da von vielen Pilzen und manchen Algen bekannt ist, dass sie dasselbe entbehren können.

Das Kochsalz kommt zwar für Leptomitus nicht in Betracht, soweit von unentbehrlichen Nährsalzen die Rede ist, doch verdient das Verhalten des Pilzes zu demselben einige Aufmerksamkeit, da Kochsalz in städtischen Abwässern ziemlich reichlich vorzukommen pflegt, in denen der Zuckerfabriken dagegen meist in viel geringerer Menge. Schon vorher bei Besprechung der zweckmässigsten Nährlösung für Reinkulturen (S. 40) wurde darauf hingewiesen, dass Kochsalzzusatz zur Nährbouillon an sich nichts schadet; es fragt sich nur, wie hoch die Konzentration sein darf.

In der Literatur findet sich eine Angabe darüber, dass Leptomitus auch im Meere vorkomme[1]. Wegen der dabei wesentlich in

1) Cienkowsky, Algologische Exkursionen an das Weisse Meer. Arbeiten

Betracht kommenden Kochsalzwirkung verdiente diese Angabe besondere Beachtung. Zur Nachprüfung derselben benutzte ich mir freundlichst aus dem Berliner Aquarium überlassenes Seewasser. Dieses Wasser konnte ich anstandslos als echtes Seewasser acceptieren, da bekannt ist, dass sowohl tierische als pflanzliche Organismen in solchem künstlichen Seewasser gut gedeihen, soweit sie sich überhaupt leicht kultivieren lassen.

Dieses von mir zum Versuch benutzte Seewasser enthielt in 10 ccm 196,4 mg Cl, d. h. über 3 % Kochsalz, wenn alles Cl auf NaCl bezogen wird. Die diesbezüglichen Experimente ergaben, dass Seewasser von der genannten hohen Konzentration plasmolysierend wirkt; doch hielt sich Leptomitus in einer Lösung, welche aus 1 Teil Seewasser mit 2 Teilen dest. Wasser bestand, ganz leidlich lebend. Bei dem Verhältnis 1 : 3 war sogar ein Auswachsen der Fäden zu beobachten, während bei einer Verdünnung von 1 : 10 reichlich Schwärmsporenbildung eintrat und ein nennenswerter Einfluss des Kochsalzes nicht zu konstatieren war. Man sieht also, dass Leptomitus gegen Kochsalz auffallend unempfindlich ist; die Grenze für optimales Wachstum dürfte etwa bei 0,5 % Kochsalz liegen, einem Salzgehalt, wie wir ihn in der Bakterienbouillon haben; doch wird bei dieser Konzentration das Wachstum schon etwas schwächer.

Da in städtischen Abwässern im allgemeinen 0,02—0,05 % Kochsalz[1]) enthalten sind, so folgt daraus, dass der Chlornatriumgehalt der in Frage kommenden Abwässer überhaupt ohne jede Bedeutung für das Wachstum des Leptomitus ist.

Weitere Salze, welche in gereinigten Abwässern oft vorkommen, sind die Nitrate, meist Natrium- und Ammoniumnitrat. Auch für Nitrat konnte ich durch Versuche feststellen, dass hohe Konzentrationen ohne Schaden für die Lebensfähigkeit des Pilzes ertragen werden, z. B. 0,25 % KNO_3 und wohl noch darüber[2]).

---

der St. Petersburger Gesellschaft d. Naturforscher. Bd. XII. 1881. S. 130—171. Russisch. Vergl. Just's Jahresbericht. 1882. Bd. I. S. 302.

Aphanizomenon flos aquae kommt nach Angaben in der Literatur auch gleichzeitig im Süss- und Salzwasser vor.

1) In den Abwässern der Stadt Berlin sind häufig mehr als 0,05 %, bisweilen sogar 0,1 % und darüber Kochsalz enthalten (vergl. „Bericht der Deputation f. d. städt. Kanalisationswerke u. s. w." im „Verwaltungsbericht des Magistrats zu Berlin für die Zeit vom 1. 4. 1897 bis 31. 3. 1898", S. 30 ff.

2) 100 mg Nitrate pro Liter im gereinigten Abwasser sind schon sehr viel. Im Trinkwasser können, nebenbei bemerkt, in manchen Fällen 50 mg Nitrate und mehr vorkommen.

Die Schädigung durch Kochsalz und Kalisalpeter beruht wohl in erster Linie auf der Beeinflussung osmotischer Prozesse, sodass anzunehmen ist, dass äquimolekulare Lösungen beider Salze die gleiche Wirkung ausüben, da sie isotonisch sind.

f) Ueber die Wirkung von Alkalien auf Leptomitus.

Leptomitus erträgt zwar einen gewissen Gehalt an alkalischen Substanzen, doch darf derselbe im Allgemeinen nur so gross sein, dass Lakmuspapier schwach gebläut wird.

Für Soda hatte ich bereits angegeben, dass sie an sich kein Gift ist, dass aber bei einem Gehalt von 0,15 % $Na_2CO_3 + 10$ aq. (wie in Bakterienbouillon) die maximale Grenze liegt; bei 0,05 % $Na_2CO_3 + 10$ aq. beobachtete ich ein ziemlich gutes Wachstum.

In der freien Natur habe ich Leptomitus bisher immer nur in schwach alkalischen Gewässern beobachtet. Bezüglich der Alkalescenz des Nährmediums mag hier weiter bemerkt werden, dass der Pilz sich in der Reinkulturbouillon wegen Bildung alkalischer, genauer gesagt ammoniakalischer und anderer Substanzen (vergl. S. 79) nicht lange hält. Aehnlich wie Ammoniak wirkt durch seine Reaktion nach meinen Versuchen Aetzkalk.

Ammoniak in freier Form wird in ziemlich reichlichen Mengen vertragen. In Wasser mit 8 mg pro Liter hält er sich unbeschadet, wenn er — auf Mehlwürmer geimpft — darin kultiviert wird, bei einem Gehalt von 74 mg pro Liter treten nach 24 Stunden schon Schädigungen ein, doch finden sich noch lebende Fäden; bei 250 mg pro Liter beobachtete ich nach Verlauf von 20 Stunden gänzliches Absterben.

g) Ueber die Wirkung von Säuren auf Leptomitus.

Bei der Fabrikation von Gelatine des Handels entsteht Phosphorsäure, während Schwefelsäure zum Aufschliessen zugesetzt wird. Da beide Säuren im Grossbetrieb nicht vollständig wieder entfernt werden können, reagiert käufliche Gelatine gewöhnlich etwas sauer. Da nun Leptomitus auf 5–8 proz. Gelatine wächst, folgt daraus, dass er schwache Säuregrade ertragen kann; ebenso verhält er sich zu geringen Dosen von Milch- und Buttersäure.

In höherer Konzentration wirken alle Säuren tödlich, doch ist Leptomitus in dieser Hinsicht bedeutend widerstandsfähiger als die von Klebs (l. c.) geschilderte Saprolegnia mixta, welche in einer

Digitized by Google

Lösung von 0,05 % Asparaginsäure abstirbt. Von solcher Lösung erträgt Leptomitus 0,1 % und wächst darin sogar recht gut, wenn gleichzeitig 1 % Pepton und 1 % Fleischextrakt zugefügt werden. Die Säurewirkung auf Lakmuspapier ist dabei sehr ausgesprochen. Allmählich schlägt die Reaktion der Nährlösung ins Alkalische um, während der Zellsaft, wie bereits früher erwähnt, dauernd sauer reagiert. Ein Einfluss der Säure auf die morphologische Gestaltung des Pilzes war nicht zu beobachten.

Da 0,55 % Na_2CO_3 auf 1 proz. Asparaginsäure gerade neutralisierend wirken, Leptomitus in erstgenannter Lösung fast abstirbt, in der zweiten dagegen gut wächst, so folgt, dass der Pilz Säuren besser erträgt als Alkalien. Vielleicht ist nicht ausgeschlossen, dass Säuren sogar einen wachstumsfördernden Reiz ausüben; derselbe könnte aber nach meinen Erfahrungen nicht sehr erheblich sein. Entbehrlich sind Säuren zum guten und schnellen Wachstum ganz bestimmt, denn auch ohne solche Reizmittel wuchsen die Reinkulturen des Pilzes schon recht ausgiebig.

Da nach Klebs Saprolegnia mixta in einer 0,1 proz. Lösung von saurem apfelsaurem Ammon — die übrigens auch stark sauer reagiert — gut wächst und daraus Nährstoffe zieht, impfte ich vorher ausgewaschenes Material von Leptomitus in solche Lösung. Ich konnte aber kein gutes Wachstum feststellen. Die Fäden strahlten etwas aus, waren dabei ziemlich dünn, inhaltsarm und zeigten geringe Neigung zur Sporangienbildung. Wurde die Lösung vorher durch Ammoniak neutralisiert, so war die Erscheinung ähnlich.

Citronensäure in einer Konzentration von 0,1 % wurde gut ertragen.

Später soll näher erörtert werden, dass das Absterben des Leptomitus in manchen Rohabwässern, wie in solchen aus Zucker- und Stärkefabriken, wesentlich durch zu hohen Säuregehalt derselben bedingt ist.

Die Wirkung der Kohlensäure war näher zu prüfen, weil in Abwässern zahlreiche atmende und damit CO_2 produzierende Organismen vorhanden sind, und somit wegen der erstickenden Wirkung reichlicher Mengen von Kohlensäure ein Einfluss derselben möglich war.

Es wurde Selterwasser mit Leitungswasser vermischt und dabei festgestellt, dass beim Verhältnis 1 : 3 die meisten Fäden lebend blieben, während bei einer Verdünnung 1 : 7 alle Hyphen gesund

blieben. Nach mehreren Tagen hatten sich im letztgenannten Falle zahlreiche Keimpflanzen von normalem Aussehen gebildet.

In diesen Versuchen hat also die freie Kohlensäure weder einen merklich lähmenden noch gestaltändernden Einfluss auf Leptomitus ausgeübt. Nebenbei sei bemerkt, dass das Selterwasser etwas kochsalzhaltig war (ca. 0,2 %)[1]; wir wissen aber aus früheren Versuchen, dass eine gewisse Dosis davon ohne Einfluss ist.

Zu den eben geschilderten Versuchen wurden kleine Flaschen mit Patentverschluss verwendet, welche nur bis zur Hälfte mit der Versuchsflüssigkeit gefüllt wurden, damit kein Mangel an Sauerstoff zu befürchten war.

Mit Schwefelwasserstoff, der ja gleichfalls zu den Säuren rechnet, wurde der folgende Versuch angestellt: Eine 200 ccm fassende Flasche mit Glasstöpsel wurde mit ca. 50 ccm Wasser gefüllt, welches 14 mg H_2S[2] im Liter enthielt, also stark nach Schwefelwasserstoff roch. Lebenskräftige, auf Mehlwurm aufgeimpfte Fäden zeigten nach $2^1/_2$ stündigem Verweilen in solchem Wasser zwar etwas geschwächte, aber deutliche Plasmaströmung; selbst nach 27 Stunden waren noch Fäden mit Strömung zu beobachten, während andere abgestorben schienen. Nach weiteren 24 Stunden endlich war kein Leben mehr zu beobachten; es trat auch kein Wachstum mehr ein, als ich dieses Material auf einen neuen Mehlwurm übertrug und diesen in reines Wasser brachte. Es war also sicherlich alles abgestorben.

Wie diese Versuche lehren, ist die Widerstandsfähigkeit des Leptomitus gegen dieses meist recht giftig wirkende Gas überraschend.

Uebrigens findet man nach den Erfahrungen der Anstalt noch andere Organismen, an denen man experimentell grosse Widerstandsfähigkeit gegen H_2S nachweisen kann; hierzu gehören alle diejenigen, welche in der freien Natur in schwefelwasserstoffhaltigem Schlamm vorkommen, z. B. Closterium acerosum, Oscillatoria limosa u. a. m.[3]

1) Natriumbikarbonat war nur wenig vorhanden.

2) 14 mg H_2S im Liter Abwasser ist schon sehr viel.

3) Vereinzelte Angaben über die Widerstandsfähigkeit mancher Organismen gegen Schwefelwasserstoff findet man auch sonst in der Literatur. So gibt G. Karsten, Die Diatomeen der Kieler Bucht. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. Abteilung Kiel. 1899. S. 136 an, dass Pleurosigma angulatum gegen „ausserordentlich starken" Gehalt an Schwefelwasserstoff unempfindlich sei.

Später werden wir sehen, dass diese Lebenszähigkeit des Leptomitus für sein Fortkommen in der freien Natur von wesentlicher Bedeutung ist, ja dass in gewissen Lebensperioden Leptomitus geradezu als Schlammbewohner, wo er dann also im nicht fliessenden Wasser lebt, bezeichnet werden kann.

h) Ueber den Einfluss des Sauerstoffs auf Leptomitus.

Das Vorkommen des Leptomitus gerade in fliessendem Wasser, ein Umstand, auf welchen bereits durch Göppert 1853 hingewiesen worden ist, hat mit Recht zu der Vermutung Anlass gegeben, dass zu seinem Gedeihen ein nicht zu geringes Mass von freiem Sauerstoff nötig sei. Man darf dabei aber nicht so weit gehen, überhaupt die Existenzbedingung des Pilzes von einem reichlichen Vorrat von Sauerstoff abhängig machen zu wollen; im Gegenteil, meine Untersuchungen haben gezeigt, dass er für einige Zeit sogar bei gänzlichem Sauerstoffmangel existieren kann.

Die meisten pflanzlichen Organismen, welche schnell wachsen, haben zur Aktivierung des dazu nötigen beträchtlichen Quantums von Energie grössere Mengen von Sauerstoff nötig, als Pflanzen mit langsamem Wachstum. Da nun Leptomitus grosse Kalamitäten gerade dadurch hervorruft, dass er durch sein schnelles Wachstum enorme Massen von Pilzmaterial hervorbringt, so ist von vornherein aus solchen rein theoretischen Erwägungen klar, dass er zur Bewältigung einer solchen Massenproduktion entsprechend grössere Mengen von Sauerstoff zur Atmung benötigt.

Wie gesagt sind aber beträchtliche Sauerstoffmengen für seine Existenz durchaus keine conditio sine qua non.

Zunächst sahen wir bereits, dass strömendes Wasser zur Kultur des Pilzes nicht nötig ist, wissen wir doch, dass der Pilz in Reinkultur trotz Stagnation sehr lebhaft wachsen kann. Weiter: bringt man ihn in ein Reagensröhrchen, das 3 cm hoch mit Peptonfleischextraktlösung gefüllt ist, so wächst er vom Boden des Röhrchens in einer Woche bis an die Oberfläche, selbst wenn die Bouillon mit einer 3 cm hohen Schicht von Paraffinöl überdeckt ist; er suchte sogar zwischen Glaswand und Paraffinöl über $1/_2$ cm weit empor zu wachsen und dringt selbst in das Oel ein. Diese Beobachtung ist gewiss ein Beweis dafür, dass auch recht geringe Mengen von Sauerstoff noch ein, wenn auch langsames, Wachstum ermöglichen.

Wäre kein Paraffinöl überschichtet worden, so hätte der Pilz beim

Annähern an die Oberfläche seine Fäden dort zu einem dichteren Gefüge vereinigt[1], (vergl. Taf. II, Fig. 8); doch soll dabei noch unentschieden gelassen werden, ob diese Erscheinung durch lebhafteres Längenwachstum oder durch lebhaftere Verzweigung, verbunden mit reicherer Oelproduktion in den Fäden bedingt ist. Dieselbe Erscheinung beobachtet man natürlich auch bei Reinkulturen in Dosen. Ein Einfluss des Sauerstoffs ist also entschieden da; blos ist noch fraglich, ob er bei gewöhnlichem Partiärdruck gerade wachstumsbeschleunigend wirkt.

Um den Pilz endlich in einen möglichst sauerstoffarmen Raum zu bringen, stellte ich eine Kultur nach dem Verfahren von Buchner an, wobei der Sauerstoff bekanntlich durch Vermischen von Pyrogallol mit Kalilauge absorbiert wird. Beim Lüften des Gummistopfens nach 18 Stunden zeigte sich, dass ein hineingesenktes Streichholz erlosch, ein Zeichen für die energische Absorption des Sauerstoffs. Nach Ablauf dieser Zeit lebte der Pilz in dem Kulturgefäss noch und zeigte beim Beobachten in Wasser Plasmaströmung in den Fäden. Die Plasmaströmung scheint überhaupt wenig durch den Sauerstoffgehalt beeinflusst zu werden, denn wenn man ein Pilzflöckchen auf dem Objektträger in Gelatine einschmilzt und mit einem Deckgläschen bedeckt, so beobachtet man in den älteren dickeren Fadengliedern selbst nach zwei Stunden noch Plasmaströmung.

i) Der Einfluss der Temperatur auf Leptomitus.

Auf die Unhaltbarkeit der Behauptung, dass Leptomitus nur im Winter vorkomme, hat 1860 schon Pringsheim[2] hingewiesen. Meine Reinkulturversuche während zweier Sommer und zweier Winter haben denn auch gezeigt, dass er zu allen Jahreszeiten gleichmässig wächst, wenn nur die Nährlösung geeignet ist. Bei etwa 0° findet kein oder nur ein minimales Wachstum statt, hier liegt also das Minimum. Dann steigt die Wachstumskurve mit der Temperatur zuerst in flachem Bogen, hat ein breitrückiges Optimum bei etwa 18–26°, während

1) Manche Fäden ragen dabei in die Luft hinein (vergl. Taf. II, Fig. 1). Diese Erscheinung darf indessen nicht überraschen, da die verwandte Familie der Pythiaceen Vertreter aufweist, welche reichlich Luftmycelien bilden.

2) Pringsheim, Beiträge zur Morphologie und Systematik der Algen. Jahrbücher f. wissenschaftl. Botanik. Bd. II. 1860.

Digitized by Google

30° schon tödlich wirken[1]). Die Kurve fällt also offenbar vom Optimum zum Maximum ziemlich steil ab.

Zu diesen Versuchen hatte ich manchmal 18 Dosen mit Reinkulturen gleichzeitig in Benutzung.

Stellt man ein Mikroskop in einen Heizkasten und beobachtet mit steigender Temperatur dauernd das Verhalten des Pilzes, so kann man feststellen, dass bei etwa 30° die Protoplasmaströmung aufhört.

Leptomitus gehört also zu denjenigen Organismen, deren Temperaturmaximum verhältnismässig niedrig liegt.

k) Ueber die Lebenszähigkeit des Leptomitus.

Im vorhergehenden war — unter anderm bei Gelegenheit der Besprechung der Schwefelwasserstoffwirkung — bereits darauf hingewiesen worden, dass Leptomitus öfter eine Widerstandsfähigkeit besitzt, die man nicht erwarten sollte. In meiner Publikation in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft wurde gleichfalls schon darauf hingewiesen, dass im Wasser kümmerliche, zum Teil mit Schlammpartikelchen umgebene Reste des Pilzes vorkommen, „welche nur noch so wenig Plasma in ihren Gliedern enthielten, dass dieses durch Ablösen des Plasmaschlauches von der Zellwand mittels Salz- oder Zuckerlösung unter Zusammenziehung desselben zu zarten Kügelchen sichtbar gemacht werden musste“. Solche Stadien sind Taf. I, Fig. 1—6 abgebildet.

Von diesem, wie bereits gesagt, am 3. April 1901 gesammelten, gelbbraunen Schlamme bewahrte ich eine Probe in einer grossen Doppel-Glasschale, deren Boden davon in dünner Schicht überzogen war, unter Zusatz von Leitungswasser auf. Am 29. November desselben Jahres, also nach fast 8 Monaten, konnte ich mit Hülfe des Mikroskopes in dem relativ undurchsichtigen Schlamme trotz eifrigen Suchens keine Mycelreste des Pilzes mehr finden. Als ich aber solche Schlammpartikel auf Mehlwurm aufimpfte, fand ich am 3. Dezember zwischen einem reichlich septierten Mycel (Penicillium oder Fusarium) vereinzelte Fäden von Leptomitus mit Plasmaströmung und von normalem Durchmesser; aus diesem letztgenannten Befunde geht hervor, dass dieses Mycel nicht von einem gemmenartigen Keim stammen

---

1) Die maximale Zimmertemperatur in den heissesten Monaten, wo Leptomitus noch gut wuchs, betrug bei meinen Versuchen 25° C.

konnte, da deren Keimschläuche viel dünner sind. Es ist wohl anzunehmen, dass eben einige vegetative Mycelglieder, im Schlamm verborgen, diese lange Zeit von 8 Monaten im Laboratorium sich lebend gehalten haben.

Dass solche winzigen Mycelpartikelchen wirklich lebensfähig sein können, habe ich noch durch besondere Versuche ermittelt. Ich liess nämlich in einem Petrischälchen 6prozentige Gelatine mit etwas Sirupzusatz erstarren und strich Leptomitusmycel, das an den Spitzen einer Pincette in kleinen Flöckchen hängen geblieben war, über die Oberfläche dieser Gelatine hin. Dabei lösten sich Pröbchen dieses Mycels hier und da ab und blieben zerstreut auf der Oberfläche der Gelatine liegen. Nach 2 Tagen sah ich dann, dass Stückchen von 1 mm Durchmesser (und vielleicht weniger) gut entwicklungsfähig waren[1]. Auch in Bouillonkulturen habe ich häufig ganz winzige Mycelflöckchen schwimmen sehen. Ich zweifle nicht daran, dass ein einziges Glied, wenn es gerade an beiden Seiten durch je ein Cellulinkorn geschlossen ist oder Endglied war, sehr wohl als Ausgang einer neuen Pflanze dienen kann (vergl. Taf. III. Fig. 22).

Weiter erhellt die Lebenszähigkeit des Leptomitus aus folgenden Beispielen:

1. Einen bei Salzwedel in der Altmark gesammelten massigen Leptomitusklumpen von etwa 4 cm Breite und $^3/_4$ cm Höhe hatte ich mehrere Tage lang ohne Wasser auf einem Teller liegen. Infolge des Wasserverlustes machte sich auf der Oberfläche des Ballens schon ein stumpfer Schein bemerkbar, und doch fand ich im Innern des Haufens noch viele lebende Fäden.

2. Gleichzeitig hatte ich von dort einen förmlichen kleinen Leptomitusteppich mitgebracht, den ich in einem Glasaquarium unter Wasser aufbewahrte; es entwickelte sich ein stark fauliger Geruch und der Permanganatverbrauch dieses Wassers stieg auf 100 mg pro Liter. Trotzdem hielten sich viele Fäden 8 Tage und länger in diesem Wasser lebend. Wesentlich dabei ist, dass die Reaktion solchen Wassers auf Lakmuspapier nicht zu extrem werden darf. Ein heftig stinkender Flocken aus der Tiefe des Aquariums zeigte noch lebende Glieder.

1) **Maurizio** giebt von Saprolegnia rhaetica an, dass ganz kleine Stücke derselben zur Vermehrung ausreichen.

Vergl. **Maurizio**, Zur Entwicklungsgeschichte und Systematik der Saprolegnieen. Flora. Ergänzungsband. 1894.

Digitized by Google

3. Da ich unsicher war, ob das im Laboratorium gezogene Material dieselbe Resistenz besässe, übertrug ich Proben davon (einer 12 Tage alten Mehlwurmkultur entstammend) in dieses eben erwähnte Wasser und beobachtete zu meiner Ueberraschung, dass selbst nach 2 Tagen noch lebhafte Plasmaströmung vorhanden war. Offenbar hatten also die Fäden durch die Kultur nicht nachweisbar an Widerstandsfähigkeit verloren. Umgekehrt wuchs das Material aus dem stinkigen Wasser vorzüglich auf Mehlwurm an.

4. In der Elster bei Leipzig sammelte ich förmlich lederartige Ballen des Pilzes und brachte Teile davon in verschlossene Sammelgläschen. Als diese nach drei Tagen zum ersten Mal geöffnet wurden, entströmte den Gläsern ein stark fauliger Geruch. Gleichwohl liessen sich aus diesem Material noch lebenskräftige Fäden erziehen.

5. In mit Wasser verdünnter, durchsichtig violetter Lösung von Böhmer'schem Hämatoxylin bleibt Leptomitus, vielleicht mit Ausnahme der jüngeren Fäden, wochenlang leben, wobei der grösste Teil der Fäden Plasmaströmung zeigt. Lebendfärbung konnte ich dabei nicht beobachten.

Diese Beispiele könnten noch durch manche andere vermehrt werden; sie dürften aber mit dem auch an anderen Stellen schon Gesagten genügen, um die Lebenszähigkeit unseres Pilzes genügend zu beweisen und es erklärlich zu machen, dass er sich schnell in üppigster Fülle einstellt, sobald einem Vorfluter geeignete Nährstoffe zufliessen, da er eben im Schlamm der betreffenden Gewässer verborgen sitzt. Sobald der Schlamm aber austrocknet, wird der Pilz, nach einigen orientierenden Versuchen zu urteilen, zu Grunde gehen.

b) Ueber den Stoffumsatz in Leptomitus selbst und in seinen Nährlösungen.

Bei Gelegenheit der Besprechung der Inhaltsbestandteile des Leptomitus habe ich darauf hingewiesen, dass als Reservenahrung vorwiegend Eiweiss und Fett gespeichert werden. Hungert dann der Pilz, so werden diese Stoffe so weit verbraucht, dass die Schläuche schliesslich ganz inhaltsarm erscheinen.

Aus dem Verschwinden des Fettes ist zu schliessen, dass als Umwandlungsprodukte desselben Zucker oder organische Säuren entstehen. Man könnte deshalb die auf S. 67 gemachte Bemerkung, dass die saure Reaktion des Zellsaftes besonders auf das Vorhandensein phosphorsaurer Salze zurückzuführen sei, noch dahin erweitern, dass

diese Reaktion vielleicht auch noch durch organische Säuren, etwa Aepfelsäure, mit bedingt sein könnte. Solange wir den Atmungsquotienten des Leptomitus nicht kennen, wird nicht sicher zu entscheiden sein, ob einzig Kohlehydrate, Fett oder Säuren veratmet werden[1]. Oxalsäure scheint im Stoffwechsel des Leptomitus im allgemeinen nicht zu entstehen, da sich sonst wegen der Gegenwart des Calciums im Myeel oxalsaurer Kalk finden würde.

Nach wenigen Beobachtungen habe ich bei Kultur in Pepton-Fleischextraktbouillon etwas Rohrzucker im Mycel finden können, dagegen keine Spur desselben bei Kultur in einer wässrigen Lösung von 1 % Asparagin + 1 % Fleischextrakt.

Ob übrigens Fette, Kohlehydrate und Säuren im Verein mit Nitraten oder Ammoniaksalzen wieder zur Eiweisssynthese verwendet werden können, ist noch zweifelhaft; in quantitativ ergiebigem Masse werden diese Körper aller Wahrscheinlichkeit nach nicht zum Eiweissaufbau gebraucht. Vielleicht können die genannten Stoffe lediglich zum Aufbau der Celluloseháute Bedeutung haben. Ueberhaupt wird man dem Leptomitus eine relativ unbedeutende synthetisierende Befähigung zuschreiben müssen. Unter seinen Abscheidungsprodukten scheinen sich auch keine oxydierten, sondern wesentlich Spaltungsprodukte zu finden; er mineralisiert gleichsam das umgebende Medium, ganz abgesehen davon, dass er ihm fäulnisfähige Stoffe entzieht. Gestank ruft er in allen von mir probierten Kulturmedien nie hervor; es gelang auch nicht, Indol nachzuweisen.

Der Pilz scheint auch nicht die Fähigkeit zu besitzen, seine höchst wahrscheinlich ammoniakalischen[2] Abbauprodukte — die ihn schliesslich wohl im Verein mit anderen, noch unbekannten[3] Stoffen töten — durch Synthetisieren zu höheren Molekülkomplexen unschädlich zu machen.

---

1) Gärung habe ich bei Kulturversuchen im Gärkölbchen nicht beobachten können.

2) Zum Nachweis von Ammoniak wurde die Nährlösung mit Bleiessig und Soda-Natronlauge versetzt und dann entsprechend Nessler's Reagens zugefügt. Es trat eine viel intensivere Gelbfärbung ein als bei der gleichbehandelten ursprünglichen Substanz.

Nitrate oder Nitrite waren in älteren Nährlösungen nicht nachweisbar.

3) Bei einer gesunden Kultur des Pilzes auf 4 proz. Gelatine mit Zusatz von Pepton-Fleischextraktnährlösung, welche um das Hundertfache verdünnt war, beobachtete ich nämlich ein recht schwaches Wachstum, wiewohl die Alkalescenz gering war.

Digitized by Google

Das Enzym des Leptomitus, welches zur Verflüssigung der Gelatine führt, dürfte mehr ein Trypsin als ein Pepsin sein, da dieser Prozess sich bei alkalischer Reaktion abspielt.

Die Geschwindigkeit und Intensität, mit der Leptomitus die umgebende Flüssigkeit verändert, scheint keine sehr grosse zu sein, wenigstens im Vergleich zu den durch Fäulnisbakterien bewirkten Umsetzungen. Als ich nämlich in 200 ccm Pepton-Fleischextraktbouillon den Pilz bei üppigem Wachstum 10 Tage lang kultivierte, änderte sich deren Zusammensetzung in nicht nennenswerter Weise. Die Analyse ergab vorher wie nachher ungefähr die Werte:

Permanganatverbrauch	17700	mg pro Liter.
Organischer Stickstoff	2320	" " "
Ammoniakstickstoff	50	" " "

m) Ueber den Konkurrenzkampf des Leptomitus.

Sobald die Reinkulturen in Pepton-Fleischextraktbouillon von schnell wachsenden Fäulnisbakterien befallen wurden, ging Leptomitus im Kampf mit diesen unfehlbar zu Grunde. Ebenso, vielleicht noch augenfälliger ist es auf Gelatineplatten, auch wenn der Pilz zu Anfang in seiner Entwickelung den Bakterien vorauseilen sollte. Es scheint, dass es hier wesentlich die gelatineverflüssigenden Bakterien sind, welche ihm das Leben unmöglich machen, denn um nicht verflüssigende Kolonien sah ich ihn sich förmlich herumstricken. Die Kulturen auf Mehlwurm, so sicher sie sonst zum Ziel führen, glückten ebenfalls dann nicht, wenn es Fäulnisbakterien gelang, durch Festsetzen auf der Schnittfläche infolge ihres regeren Stoffwechsels und Wachstums die Oberhand zu gewinnen. Gerade beim Anwachsen auf Mehlwurm droht der Entwickelung des Leptomitus eventuell die meiste Gefahr, auch durch das sonst weniger schädliche Penicillium[1]), während später Konkurrenten viel leichter ertragen werden. So sah ich in einer ca. 2 Monate alten Kultur manche Glieder des Leptomitus dicht mit Zoogloea ramigera besetzt, ohne dass dadurch eine Schädigung herbeigeführt worden wäre. Auch assimilierende Pflanzen wie Chlorella und Navicula wurden zwischen den Fäden Monate lang gut ertragen. Wahrscheinlich kommen diesen die alkalischen Ausscheidungsprodukte zustatten[2]).

1) In Fleischbouillon unterdrückt ihn Penicillium oft vollständig.

2) Vergl. Molisch, Die Ernährung der Algen. Berichte d. Wiener Akademie 1895 u. 1896.

Digitized by Google

Bodonen, Glaucoma, Amöben u. a. m. können auch schädigende Wirkungen ausüben, doch vermochte ich bisher diese interessanten Konkurrenzkämpfe nicht näher zu studieren. Es fehlt uns auch noch eine Liste aller derjenigen Organismen, welche zwischen den Fäden des Leptomitus im Freien sich finden.

Die Ursachen des Absterbens von Leptomitus im Kampf besonders mit Bakterien werden einmal darin liegen, dass die letzteren den Nährboden stark alkalisch machen, ferner aber wohl auch in der Produktion specifischer Gifte seitens der Bakterien, da die verflüssigte Gelatine auch nach Neutralisation mittels Salzsäure noch schädigende Wirkungen auszuüben imstande ist.

n) Was wird aus Leptomitus, wenn er aus einer Vorflut verschwindet oder abstirbt?

Mez giebt l. c. S. 526 an, dass Leptomitus von Weissfischen und Karpfen gern gefressen wird. Ich kann diesen Angaben noch hinzufügen, dass auch Schnecken (Paludina vivipara) sich gut mit Leptomitusflocken füttern lassen. Daher erklärt es sich auch wohl, dass treibende Flocken in grossen Flüssen relativ schnell verschwinden.

In alten Reinkulturen verschleimen die Membranen spontan, sodass sich mittels einer Pincette immer nur kleine Flöckchen herausnehmen lassen[1]. Bei Gegenwart von Bakterien kann ein gänzliches Auflösen der Membranen und der Cellulinkörner stattfinden; doch vermögen keineswegs alle Bakterien dies zu bewirken.

Zerreibt man abgespülte Reinkulturen von Leptomitus und lässt sie in Wasser in verschlossener Flasche faulen, so entwickelt sich kein Schwefelwasserstoffgeruch, sondern nur ein schwefelkohlenstoffartiger. Wenn Leptomitus im Freien so starke Fäulniserscheinungen zeigt, werden dabei wohl die zwischen seinen Fäden lebenden, schliesslich absterbenden tierischen Organismen wesentlich mitbedingend wirken.

V. Erklärung für das Verhalten des Leptomitus in Vorflutern.

Es ist eine oftmals in der Literatur[2] erwähnte Tatsache, dass Leptomitus lacteus in mittelstark durch fäulnisfähige organische Stoffe

1) Durch Einlegen in chinesische Tusche ist keine besondere Gallerte nachweisbar. Ein Verquellen ist also nicht zu beobachten.

2) Vergl. unter den neueren Arbeiten u. a. Rubert Boyce, Note upon the two species of fungus commonly found in sewage contaminated water. Thompson Yates Laboratories. Liverpool. Vol. III. Part. 1. p. 71—73. Mit 2 Tafeln.

Digitized by Google

verschmutztem, Sphaerotilus natans dagegen in erheblich stärker verunreinigtem Wasser vorkommt. In dem Umstande, dass Rohabwässer oft ziemlich stark alkalisch oder sauer sind, liegt nach den festgestellten biologischen Eigenschaften des Leptomitus ein wesentlicher Grund dafür, dass der Pilz in derartig beschaffenen Wässern gewöhnlich nicht angetroffen wird. Findet man den Pilz in einem Vorfluter, so ist nach dem eben Gesagten schon mit einiger Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass die Reaktion des Wassers keine extrem alkalische oder saure sein wird. Sphaerotilus mag, weil er in stärker verschmutztem Wasser vorkommt, in dieser Beziehung zäher sein[1]).

Fliessen Rohabwässer oder nur schwach gereinigte in grosser Menge in eine Vorflut, so ist nach den im IV. Kapitel beschriebenen Versuchen klar, dass Leptomitus erst von da ab auftreten wird, wo die extreme Reaktion entweder entsprechend abgestumpft oder durch Verdünnung herabgemildert ist. Dabei ist es gleichgültig, ob die alkalische Wirkung durch Aetzkalk oder ammoniakalische Verbindungen, die saure durch Milch- oder Buttersäure hervorgerufen sind.

Im Freien habe ich den Leptomitus bisher immer nur in schwach alkalisch reagierendem Wasser angetroffen; doch wäre es nach den festgestellten Eigenschaften des Pilzes sehr wohl möglich, dass er auch in schwach sauren Gewässern anzutreffen wäre.

Extrem saure Reaktion wird oft bei Stärkefabrikabwässern beobachtet. Wurde Leptomitus in solche Rohabwässer eingeimpft, so starb er ab; wurde die Säure aber erst abgestumpft, so blieb er lebend. Schimmelpilze wie Penicillium und Fusarium sind in dieser Beziehung viel weniger wählerisch.

Aehnlich werden die Verhältnisse bei Zuckerfabrikabwässern liegen. Bei diesen ist offenbar zweierlei zu unterscheiden: einmal haben wir

---

1) Karl Höflich, Kultur und Entwicklungsgeschichte der Cladothrix dichotoma. Oesterr. Monatsschr. f. Tierheilkunde. 26. Jahrg. 1901, gibt S. 19 und 20 an, dass die Kultur des Pilzes, der hier mit Sphaerotilus identisch ist, in seinem Wachstum durch Zusätze von Pepton, Kochsalz etc. gehemmt wird. Da aber die Konzentration nicht näher angegeben ist (es handelt sich wohl um 1 % bezw. 0,5 %), so wäre noch speciell zu prüfen, ob die Ernährung dieses Pilzes wirklich so sehr von der des Leptomitus abweicht. Diese Annahme erscheint wenig wahrscheinlich.

Sphaerotilus scheint ähnlich wie Leptomitus Fett zu speichern. Darauf deuten die Studien von Büsgen, Kulturversuche mit Cladothrix dichotoma. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. 1894. Bd. 12. S. 150. Taf. VII, Fig. 14.

in diesen Abwässern geringe Mengen von Kohlehydraten in Form von Zucker[1], zweitens auch Eiweissstoffe und sonstige hochmolekulare Stickstoffverbindungen, wie sie naturgemäss im Zellinnern der Rüben sich finden. Hebt nun Gärung an, so wird wegen der beginnenden Säuerung die Eiweissfäulnis unterdrückt; dagegen beginnt letztere, wenn die Zuckergärung gehemmt wird.

Ueberlässt man ausgepressten und verdünnten Rübensaft sich selbst, so wird er durch Bildung von Milch- und Buttersäure sauer, ohne üble Gerüche zu entwickeln; setzt man dagegen von Anfang an Kreide zu, wodurch die jeweilig entstehende Säure neutralisiert wird, so fault das Wasser unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff und anderen Produkten der Fäulnis.

Man kann sich hiernach also in den Zuckerfabrikabwässern gleichsam zwei Komponenten vorstellen, eine Säuren erzeugende und eine Alkalien producierende. Wird die erstgenannte unterdrückt oder beseitigt, so resultieren Abwässer, welche sich im allgemeinen ähnlich wie städtische verhalten. Es ist deshalb auch nicht zu verwundern, dass Leptomitus in beiden Sorten von Abwässern vorkommt. Im Einklang hiermit steht die Tatsache, dass Cohn (l. c.) auch in den Abwässern der Zuckerfabriken viele derjenigen Organismen beobachtet hat, welche man sonst mit ziemlicher Regelmässigkeit in Rieselfeldvorflutern findet, z. B. Sphaerotilus natans, Zoogloea ramigera, Spirillum undula, Paramaecium putrinum, Glaucoma scintillans, Chilodon cucullulus, Chlamydomonas, Scenedesmus, Rhaphidium, Ulothrix etc.

Nach meinen Versuchen spielen bei der Ernährung des Leptomitus die hochmolekularen Stickstoffverbindungen die wichtigste Rolle, die Kohlehydrate, wenn überhaupt, so jedenfalls eine untergeordnete.

Die Richtigkeit dieser Angaben geht zwar noch nicht allein aus dem Umstand hervor, dass ebenso wie Zuckerfabrikabwässer auch städtische imstande sind, den Pilz zu ernähren — denn städtische können auch geringe Mengen von Kohlehydraten enthalten —, sondern aus dem Umstand, dass in beiden Sorten von Abwässern der Pilz sich in gleicher Massenhaftigkeit entwickeln kann. Dies wäre nicht möglich, wenn in den Abwässern der Zuckerfabriken dem Zucker oder den daraus gebildeten organischen Säuren ein ganz besonders anregender Einfluss zukäme.

Zudem können die Kohlehydrate in städtischen Abwässern nur

1) Von Pektinstoffen ist hier abgesehen. Vergl. S. 65.

Digitized by Google

verschwindend gering sein, denn es setzt bei denselben beim Stehenlassen von Anfang an die faulige Zersetzung unter Bildung von Schwefelwasserstoff und Ammoniakverbindungen ein; wären viele Kohlehydrate vorhanden, so müsste eine Säuerung der Abwässer beginnen. Die Abwässer, welche auf den städtischen Rieselfeldern auftreten, haben mit seltenen Ausnahmen alkalische Reaktion, ebenso diejenigen, welche die Drains verlassen. Wächst also in den Vorflutern solcher Rieselfelder Leptomitus, so lassen schon solche Befunde schliessen, dass eine eventuelle förderliche Einwirkung von organischen Säuren keine irgendwie ins Gewicht fallende Rolle spielen kann.

Es ist bekannt, dass in den Vorflutern städtischer Rieselfelder, wo das ganze Jahr hindurch gerieselt wird, Leptomitus vorwiegend im Winter auftritt (wobei aber nicht ausgeschlossen ist, dass es auch Sommerkalamitäten gibt). Da nun nichts davon bekannt ist, dass im Winter mehr Kohlehydrate auf die Felder kommen als im Sommer, da es ferner, wie bereits gesagt, auch üppiges Wachstum des Pilzes im Sommer geben kann, so folgt, dass weder die Kohlehydrate noch die Temperatur für massenhafte Entwicklung des Leptomitus ausschlaggebend sind. Die Tatsache, dass in den Abwässern der Rieselfelder der Pilz in erheblichen Mengen vorwiegend in der kalten Jahreszeit angetroffen wird, lässt sich ungezwungen folgendermassen deuten: Im Winter arbeiten wegen der Kälte die Rieselfelder schlechter; es passieren deshalb hochmolekulare Stickstoffverbindungen oft unzersetzt den Boden, und damit hätten wir eine ganz einfache Erklärung für das Wachstum des Leptomitus. Wir kennen auch Fälle, dass selbst die aus den Drains fliessenden Wässer wohl infolge der erschwerten Regenerationsvorgänge im Boden ihre Fäulnisfähigkeit nicht verloren hatten. Im Sommer dagegen geht der Abbau der Fäulnisstoffe infolge der belebenden Wirkung der Wärme auf die Lebenstätigkeit aller Organismen viel schneller und ergiebiger von statten; und damit ist, wie auch unsere Versuche ergeben haben, dem Wachstum des Pilzes ein Ziel gesetzt.

Weiter spricht für die Bedeutung der hochmolekularen Stickstoffverbindungen für unseren Pilz die in der Literatur erwähnte Tatsache, dass Salmonideneier von Leptomitus befallen werden können. Offenbar gehört nach allem Leptomitus zu denjenigen Pilzen, von welchen Pfeffer in seiner „Pflanzenphysiologie“ (1897) S. 368 sagt, dass sie „wie ein Tier Pepton oder Proteinstoffe bedürfen, während

Digitized by Google

andere schon mit Asparagin gut oder doch ziemlich gut fortkommen".

Wenn nun in einer Vorflut, wo Leptomitus üppig wächst, eine chemische Untersuchung dennoch eine auffallend gute Beschaffenheit des betreffenden Wassers ergeben würde, so hätte dieser Befund nichts Auffälliges. Die vorstehenden Untersuchungen haben nämlich ergeben, dass Leptomitus dann, wenn ihm einigermassen reichlich geeignete Nahrung zur Verfügung steht, Eiweissstoffe und Fett als Reservenahrung speichert; fliesst nun nach einer für den Pilz günstigen Ernährungsperiode reineres, für das Wachstum des Pilzes weniger förderliches Wasser, so geht er keineswegs infolge dieses Konzentrationswechsels der Wässer zugrunde — wissen wir doch, dass er selbst in Leitungswasser noch etwas wächst —, sondern er vegetiert weiter, seine eventuell neu zuwachsenden Teile nun aus den gespeicherten plastischen Vorratsstoffen bildend. Selbst wenn ganz reines Bachwasser flösse, würde immerhin eine Zeit von 2—3 Tagen verstreichen, ehe der Pilz sich zur Schwärmsporenbildung anschickte, als Ausdruck dafür, dass die Ungunst der äusseren Verhältnisse ihn zwecks Erhaltung seiner Art zur Fortpflanzung drängte.

Wenn also von einem im allgemeinen gut arbeitenden Rieselfeld von Zeit zu Zeit, etwa alle 3 Tage, in erheblicher Quantität fäulnisfähiges Wasser fliesst, so dürfte auch die bessere Reinigung der Abwässer in den zwischenliegenden Tagen wenig helfen, weil das intermittierende Zufliessen von Nährstoffen dem Pilz immer wieder Gelegenheit giebt, sich für die magere Folgezeit zu verproviantieren.

Es wäre sogar der Fall denkbar, dass wechselnder Gehalt an Nährstoffen der massenhaften Entwickelung des Pilzes günstig ist, insofern nämlich der Durchschnittsgehalt der genannten Abwässer, wenn sie kontinuierlich in solcher Beschaffenheit flössen, eher geeignet sein könnte, die Schwärmsporenbildung zu begünstigen als das Wachstum zu beschleunigen.

Man wende hier nicht ein, dass dieser Befund eigentlich gegen die Brauchbarkeit der biologischen Wasseranalyse spricht, da das Vorkommen des Pilzes nicht direkt auf die jeweilige Beschaffenheit in dem Grade Schlüsse zulässt wie die chemische Analyse. Denn dafür liefert der biologische Befund ein Bild von der Gesamtwirkung solcher Abwässer, dadurch gleichsam die Durchschnittsbeschaffenheit der Wässer andeutend. Ob übrigens in dem hier gegebenen Falle das Wasser ganz wenig oder etwas stärker verschmutzt ist, kann durch

Digitized by Google

den biologischen Befund immerhin, falls nötig, entschieden werden, da der Verbrauch von Eiweiss und Fett in den Fäden des Pilzes natürlich sichtbar zum Ausdruck kommt. Auch würde das Bild der in Gemeinschaft mit Leptomitus lebenden Organismen sich wesentlich ändern.

Wie vorstehend kurz bemerkt, tritt Schwärmsporenbildung ein, wenn das Wasser einen gewissen Grad von Reinheit anzunehmen beginnt. Dementsprechend wird in einem Vorfluter von der Stelle an, wo unterhalb einer Einmündungsstelle von Abwässern die festsitzenden Fäden des Leptomitus sich zur Schwärmsporenbildung anschicken, auf so weit vorgeschrittene Reinigung (durch Selbstreinigung oder Verdünnung) des Wassers geschlossen werden können, dass eine allgemeine, üppige Entwickelung des Pilzes nicht mehr möglich ist. Soviel Keime mit dem Wasser auch unterhalb dieser Stelle fortgeführt werden, sie müssen alle umkommen oder können höchstens ein kümmerliches Dasein fristen. Ebenso würde es mit denjenigen Keimen stehen, welche etwa durch Fische oder Wasservögel flussaufwärts geschleppt werden, über die Einmündungsstelle der Abwässer hinaus. Nur dann können sie hier sich weiter entwickeln, wenn sie in neue Verschmutzungsherde geraten.

Da, wie die Experimente gezeigt haben, eine gewisse Beziehung des Leptomitus zur Fäulnisfähigkeit der im Wasser befindlichen Substanzen besteht, so ist klar, dass er in stagnierendem Wasser kein rechtes Fortkommen findet, weil er hier, wie ich vorher bereits ausgesprochen habe, sofort in Konkurrenz mit den Fäulnisbakterien tritt. Diese machen einesteils das Medium stark alkalisch und erzeugen andererseits Zersetzungsprodukte, welche den Leptomitus schädigen. Ausserdem kommt der Mangel an Sauerstoff hinzu, welcher dem Leptomitus energisches Wachstum verwehrt. Im Sommer dürfte zudem stagnierendes Wasser sich so stark erwärmen, dass eine Temperatur über 30° C. entstehen würde, wobei der Pilz abstirbt[1].

Das Fliessen des Wassers hat weiter den Vorteil, dass die eventuell in grösserer Menge sich anfindenden Bakterien und Protozoen immer wieder fortgespült werden, während der Leptomitus grosse, lange Fäden bildet, welche im Zusammenhang bleiben und am Substrat festgeheftet sind, soweit sie nicht durch die Strömung teil-

1) Ich glaube deshalb, dass man wenigstens diese Art in den Tropen nicht finden wird.

weise losgerissen werden. Manche kleine Organismen werden indessen an den Fäden sitzen bleiben, an diesen gleichsam wie an Leimruten klebend, da Leptomitus auf der Oberfläche seiner Fäden eine (sehr feine) Schleimschicht besitzt. Bestreut man den Pilz nämlich mit fein zerriebenem Seesand, so bleiben die feinen Sandpartikelchen wie am Gehäuse einer Köcherjungfer festkleben und sind selbst durch Abschwenken in Wasser nicht wieder zu entfernen.

Eingangs wurde bemerkt, dass Leptomitus schaffellartig das Bett eines Baches auskleiden kann. Dabei muss das Bett des in Frage kommenden Wasserlaufes natürlich so beschaffen sein, dass dem Pilz die Möglichkeit gegeben ist, sich festzusetzen, etwa an Pfählen, Weidenwurzeln, Wasserpflanzen u. s. w. Ist dazu keine Gelegenheit geboten, das Bett also mit reinem Sand ausgekleidet und vielleicht das Gewässer noch dazu so flach, dass die Strömung den Sand mit fortschiebt, so kann der Pilz nicht aufkommen. Weder Keime noch losgerissene Fetzen vermögen sich bei solcher Beschaffenheit des Bettes festzusetzen. Liegen aber am Boden des fraglichen Gewässers Baumäste, Reisigbüschel oder dergleichen, so besiedeln sich dieselben in kurzer Zeit mit dem Pilz, wenn dessen Keime mit dem fliessenden Wasser zugeführt werden. Als Haftorgane werden dabei die feineren Zweige der Mycelfäden gute Dienste leisten[1]).

Wegen des zum raschen Wachstum nötigen Sauerstoffs wird das Bett der Wasserläufe, in welchen Leptomitus wächst, nicht zu tief sein dürfen, zumal wenn die Strömung langsam ist, weil dann im Grunde Fäulnisprozesse einzutreten pflegen; immerhin wird der Pilz in einigen Metern Tiefe noch reichlich gedeihen können.

Strähnen von bedeutender Länge (etwa von 1 m), wie sie bei manchen Fadenalgen (Cladophora) vorkommen, bildet der Pilz nie. Von Zeit zu Zeit nämlich lösen sich Flocken los, gleichsam als würde das Schaffell allmählich geschoren. Dieses Losreissen kann durch die mechanische Wirkung des Wassers geschehen oder dadurch, dass die unteren, dicht gelagerten Partien des Pilzes zu faulen be-

1) Vergl. dazu: Schikora, Entwickelungsbedingungen einiger abwässerreinigender Pilze, insbesondere Sphaerotilus fluitans nov. spec. und Leptomitus lacteus Ag. Zeitschr. f. Fischerei. VII. Jahrg. 1899. S. 19. Ferner: de Bary, Untersuchungen über die Peronosporeen und Saprolegnieen und die Grundlagen eines natürlichen Systems der Pilze. Abhandl. d. Senckenbergischen Gesellschaft. Bd. 12. 1880. S. 320.

Mez, l. c. S. 537.

Digitized by Google

ginnen und dabei ihre sonst resistente Membransubstanz lockern. Kommt schliesslich eine lange Periode der Not für Leptomitus, beispielsweise wenn verhältnismässig reines Wasser durch die Vorflut strömt, so verschwindet der Pilz bis auf geringe Reste, welche im Schlamme verborgen ein kümmerliches Hungerdasein fristen, entweder in Form von widerstandsfähigen Mycelresten oder vielleicht als gemmenartige Gebilde. Beiden kommt die Resistenz gegen Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Kohlensäure und Sauerstoffmangel recht zustatten. Sie halten monatelang im Schlamm und an ins Wasser gefallenen Aesten aus, bis wieder günstige Zeiten kommen; dann erwacht jedes noch so kleine Pröbchen des Pilzes zu neuem Leben, seine reich gegliederten Fäden wieder massenhaft entwickelnd.

Leptomitus besitzt also, wie zu erwarten war, keine spontane Periodicität etwa wie unsere Bäume oder wie die Zwiebelgewächse, bei denen in der freien Natur notgedrungen Perioden lebhafter Vegetation mit längeren Ruhepausen abwechseln, sondern der Pilz ist jederzeit überall da zu üppiger Entwickelung befähigt, wo ihm unter sonst günstigen Umständen die nötige Nahrung im Wasser zur Verfügung steht.

Diese Erörterungen über den Leptomitus beziehen sich im speciellen freilich nur auf eine Species dieser einen Gattung; indessen lassen sich schon durch die blosse Beobachtung in der freien Natur Gesichtspunkte auch für die Lebensweise anderer Abwässerpilze wie Sphaerotilus, Fusarium, Mucor u. a. m. gewinnen; doch soll damit nicht gesagt werden, dass diese nicht eines eingehenden Studiums wohl wert wären, zumal, wie vorher bereits bemerkt worden ist, in der Literatur über manche Pilze Angaben zu finden sind, welche mit ihrem Verhalten in der freien Natur kaum in Einklang zu bringen sind.

VI. Zusammenfassung der praktischen und theoretischen Ergebnisse.

Der Abwasserpilz Leptomitus lacteus lebt im wesentlichen von stickstoffhaltigen, fäulnisfähigen Substanzen; er entzieht diese dem Wasser, in welchem er lebt, und baut aus denselben seine Körpersubstanz auf. Gleichzeitig erzeugt er geringe Mengen von Ammoniak, welches natürlich in statu nascendi durch Säuren neutralisiert wird, und trägt dadurch zur Mineralisierung der fäulnisfähigen Stoffe im Wasser bei. Die durch ihn hervorgerufenen Umsetzungen vollziehen sich indessen bei weitem nicht mit derselben Intensität wie die durch

Fäulnisbakterien veranlassten. Stinkende Zersetzungsprodukte erzeugt Leptomitus, so lange er lebt, nach vorstehenden Versuchen niemals.

Während nach diesen Angaben durch die Wucherung des Pilzes an sich zunächst keinerlei Missstände hervorgerufen werden, er vielmehr eher nützlich wirkt, können durch Abreissen von Flocken oder Klumpen des Pilzes vom Substrat, an welchem er haftet, sekundär Kalamitäten hervorgerufen werden, sei es z. B., dass absterbende Massen des Pilzes eine Beute der Fäulnisbakterien werden und so zu Geruchsbelästigungen führen, sei es, dass seine schleimigen, weissgrauen Watten zu ästhetischen Bedenken Anlass geben.

Je nach den gegebenen Umständen wird man den Leptomitus also schonen oder ihn bekämpfen müssen.

Das sicherste Mittel, sich seiner zu erwehren, ist prophylaktischer Natur und besteht in einer möglichst weitgehenden Reinigung (Mineralisierung) der Abwässer, d. h. in einer möglichst radikalen Entfernung (Abbau) der stickstoffhaltigen, fäulnisfähigen Stoffe. Mit ihrer Beseitigung ist die Gefahr einer Massenentwicklung des Pilzes nicht mehr zu befürchten. Die näheren Einzelheiten hierfür können aus den vorhergehenden Kapiteln ersehen werden.

Die Verfahren näher anzugeben, nach welchen die Reinigung der in Betracht kommenden Abwässer zu erfolgen hat, liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit. Dagegen ist es möglich, auf Grund der vorliegenden Versuche diejenigen Faktoren anzugeben, welche der Entwicklung des Pilzes förderlich oder schädlich sind, und Ausblicke für die Beurteilung in der Praxis zu gestatten. Diese Gesichtspunkte sollen im folgenden näher ausgeführt werden.

Zuvor sei aber noch die Bemerkung gestattet, dass die vorstehende Abhandlung sich zwar ausschliesslich mit dem Abwasserpilz Leptomitus beschäftigt, gleichzeitig aber auch beabsichtigt, auf Grund einer grossen Zahl positiver Versuche, Gesichtspunkte für die Beurteilung von mit organischen fäulnisfähigen Stoffen beladenen Vorflutern vom biologischen Standpunkte zu geben.

Neben Leptomitus treten in solchen Vorflutern ausserdem noch andere Wasserpilze, wie Sphaerotilus, Mucor, Fusarium u. a. m., deren Studium wichtig wäre, in grossen Massen auf; doch gestatten die hier vorliegenden, an Leptomitus gewonnenen Resultate in wesentlichen Punkten auch Schlüsse auf deren Lebensweise.

Die hauptsächlichsten Resultate dieser mit Leptomitus angestellten Versuche sind folgende:

1. Hochmolekulare, fäulnisfähige, organische Stickstoffverbindungen liefern dem Pilz die günstigsten Nährstoffe für seine Entwicklung. Dieser Satz gilt generell für alle in Betracht kommenden Abwässer, nämlich für solche aus Zucker- und Stärkefabriken, Brennereien, Brauereien, Schlachthäusern, Städten u. a. m.

Sind diese stickstoffhaltigen Substanzen der Abwässer einigermassen weitgehend zu einfacheren Stoffen abgebaut, d. h. sind die Abwässer gut gereinigt, so ist dem Pilz dadurch die Möglichkeit zu ausgiebigem Wachstum genommen. Ein gutes Kriterium für den zur Verhinderung des Wachstums des Leptomitus anzustrebenden Reinigungsgrad ist, wie die Versuche gezeigt haben, die Beseitigung der Fäulnisfähigkeit (vergl. hierzu S. 56—61). Die Form, in welcher der organische Stickstoff dem Pilz geboten wird, spielt demnach eine wichtige Rolle. Eine Analyse, welche den Gehalt an organischem Stickstoff im Liter Abwasser in mg angibt, gestattet also noch kein Urteil darüber, ob Leptomitus unter sonst günstigen Bedingungen in solchem Wasser wachsen wird oder nicht. Kohlehydrate (z. B. Zucker) sind für das Wachstum des Pilzes gänzlich entbehrlich. Wo sie in Vorflutern vorhanden sind, spielen sie nach den vorstehenden Versuchen für die Ernährung des Leptomitus eine nur untergeordnete Rolle.

2. Alle Abwässer mit organischen fäulnisfähigen Stoffen, welche deutlich sauer oder deutlich alkalisch auf Lakmuspapier reagieren — sei es durch Butter- oder Milchsäure, durch Aetzkalk, Soda, Ammoniak etc. —, töten den Leptomitus, selbst wenn die fäulnisfähigen Stoffe noch so günstige Ernährungsbedingungen liefern würden. Sind diese Reaktionen dagegen schwach, so schaden sie dem Pilz nicht.

Wo Abwässer mit ausgesprochen saurer oder alkalischer Reaktion in ein Gewässer fliessen, wird das Wachstum des Leptomitus erst von der Stelle an möglich sein, wo durch Verdünnung oder Neutralisation eine erhebliche Abschwächung der Reaktion eingetreten ist.

3. In stagnierenden Gewässern kann Leptomitus nicht gedeihen, da er durch die Konkurrenz der die Abwässer energisch zersetzenden Fäulnis- oder Gärungsbakterien unterdrückt wird. Machen diese Bakterien solche stagnierenden Gewässer stark alkalisch bezw. stark sauer, so liegt vor allem hierin die Ursache für das Absterben des Pilzes.

Wenn also Leptomitus ausschliesslich in solchen Vorflutern üppig wächst, deren Wässer nur mässig verschmutzt sind, so erklärt sich

dieses Verhalten nicht aus seiner Scheu vor reich mit Eiweiss oder ähnlichen Stoffen beladenen Abwässern, sondern aus den durch die Konkurrenten hervorgerufenen, für Leptomitus ungünstigen Veränderungen des Mediums. Ohne diese Konkurrenten würde der Pilz unter sonst gleichen Umständen eine weitere Verbreitung — in stärker verschmutzte Zonen hinein — haben.

Begreiflicherweise wirkt auch der in diesen Fällen eintretende Sauerstoffschwund schädigend für den Pilz, indessen besitzt Leptomitus wohl kein so grosses Sauerstoffbedürfnis, dass die reichliche Anwesenheit dieses Gases für seine Verbreitung in Vorflutern in erster Linie ausschlaggebend wäre.

4. Kochsalz und Nitrate sind in denjenigen Mengen, in welchen sie — Extreme etwa ausgenommen — in Vorflutern vorkommen, für den Pilz gleichgültig. Konzentrationen dieser Salze, wie wohl aller neutralen Salze überhaupt, welche 0,5—0,6 % übersteigen, hemmen sein Wachstum oder töten ihn.

5. Während der Pilz bei 25° C. noch üppig gedeiht, also auch im Sommer sehr gut wachsen kann, stirbt er bei einer Temperatur des Wassers von 30° C. und darüber ab. Auch hierin liegt unter Umständen ein Grund für die Tatsache, dass Leptomitus nicht in stehenden Gewässern vorkommt, da diese sich ausgiebiger erwärmen als fliessende.

6. Wirkt eine Abwasserreinigungsanlage im allgemeinen befriedigend, fliesst aber dem Vorfluter etwa jeden zweiten Tag reichlich Abwasser mit ernährenden Substanzen zu, so genügt dies zur Entstehung von reichlichen Mengen des Pilzes, der dann während der Zeit unzulänglicher Ernährung von aufgespeicherten Eiweiss- und Fettmengen in seinen Fäden lebt und wächst.

7. Eine Vorflut, deren Bett mit reinem Sand ausgekleidet ist, also keine Rauhigkeiten zum Ansetzen bietet, wie etwa Wasserpflanzen, Baumwurzeln, Aeste u. dergl., nimmt dem Pilz aus mechanischen Gründen die Existenzmöglichkeit.

8. Im allgemeinen hält sich der Pilz in grösseren Flüssen nicht, da er dort von Fischen und Schnecken aufgefressen wird.

9. Hat die Reinigung eines Abwassers soweit Fortschritte gemacht, dass der Pilz aus der Vorflut für das Auge verschwunden zu sein scheint, so kann er sich doch in mikroskopisch kleinen Resten mit grosser Zähigkeit im Schlamm ein Jahr lang und wohl darüber lebend halten, wodurch ihm die Möglichkeit gegeben ist, bei jeder

günstigen Gelegenheit — die immer nur durch Zufliessen geeigneter Nahrung sich darbietet — sofort wieder massenhaft aufzutreten.

War die Vorflut inzwischen aber einmal ausgetrocknet, so sterben die Reste im Schlamm höchstwahrscheinlich gänzlich ab, können jedoch durch Wasservögel, Insekten u. s. w. aus anderen Gegenden später wieder eingeschleppt werden.

10. Solange Leptomitus in einer Vorflut genügende Nahrung findet, sind die Bedingungen für ausgiebiges Längenwachstum günstig. Sobald aber in ihrem weiteren Lauf durch den Prozess der Selbstreinigung die Ernährungsbedingungen für den Pilz ungünstig werden, hört sein Längenwachstum auf und es beginnt dafür die Schwärmsporenbildung, welche nach einem allgemein gültigen Gesetz durch Nahrungsmangel ausgelöst wird. Die Schwärmsporenbildung an den festsitzenden Fäden des Leptomitus bezeichnet also diejenige Stelle im Vorfluter, von welcher an die relative Reinheit seines Wassers dem Pilze die Möglichkeit üppiger Entwickelung nimmt. Alle an dieser Stelle entstehenden Keime können unterhalb derselben sich nicht weiter entwickeln, wofern sich nicht neue Verschmutzungsherde finden. Im Anschluss an das unter 6 Gesagte sei hier noch besonders bemerkt, dass ein Auftreten von Schwärmsporenbehältern (im gefüllten oder entleerten Zustande) an Fäden, welche oberhalb der eben besprochenen kritischen Stelle wachsen, darauf hindeuten würde, dass erhebliche Schwankungen im Gehalt an organischen Nährstoffen stattgefunden haben.

11. Die von Ferd. Cohn vor etwa 20 Jahren vertretene Ansicht, dass die Entwickelung des Leptomitus besonders durch die in den Abwässern vorhandenen Kohlehydrate bedingt sei, hat sich nach meinen Untersuchungen nicht bestätigt. Seinerzeit hatte diese Annahme aber eine gewisse Berechtigung, da die Entwickelung des Leptomitus vorwiegend in den Abwässern der Zuckerfabriken beobachtet wurde und die Vermutung nahe lag, dass gerade in den Kohlehydraten ein Spezifikum für seine Entwickelung gegeben sei. Wie bereits gesagt, ist der Pilz in seinem Vorkommen aber nicht einzig auf solche Vorfluter beschränkt, welche ausgesprochen zuckerhaltige Abwässer führen. Wir wissen jetzt sogar, dass in bestimmten Stadien Zuckerfabrikabwässer auf Leptomitus sehr schädigend einwirken können. Um diese Gegensätze genügend klar begreifen zu können, müssen wir uns folgendes vergegenwärtigen:

Zuckerfabrikabwässer kann man je nach Wunsch spontan sauer

oder alkalisch werden lassen. Die Säuerung, bedingt durch Milch- und Buttersäuregärung, wird durch die Zersetzung der vorhandenen Kohlehydrate, besonders der Saccharose hervorgerufen. Solange dieser Prozess anhält, werden wir im wesentlichen eine reine Vergärung der Kohlehydrate vor uns haben, während die Eiweissstoffe und deren komplizierte Abbauprodukte jedenfalls nur wenig angegriffen werden, da die auf intensive Verwertung solcher Nahrung angewiesenen Organismen keinen zu hohen Säuregrad ertragen. Ist der Prozess der Kohlehydratzersetzung aber beendet oder werden die genannten Säuren durch dauernde Neutralisation derselben, vielleicht auch durch Verdünnen der Abwässer mit reinem Wasser, unwirksam gemacht, so setzt der Abbau der hochmolekularen Stickstoffverbindungen ein, und erst damit beginnt die Möglichkeit für die Entwickelung des Leptomitus. Diese kann aber wiederum dann nicht stattfinden, wenn bei diesen Abbauprozessen die Reaktion in das andere Extrem umschlägt, also reichliche Mengen alkalischer Substanzen entstehen.

Neben diesen vorstehend mitgeteilten Resultaten haben sich naturgemäss auch solche von vorwiegend theoretischem Interesse ergeben und zwar folgende:

1. Die Reinkultur des Pilzes gelingt u. a. in Pepton-Fleischextraktbouillon; dabei muss mindestens alle 2–3 Wochen übergeimpft werden, wenn der Pilz nicht absterben soll. Auf Mehlwurmstücken hält er sich dagegen viel länger lebend.
2. Knorrige Mycelstücke (siehe z. B. Taf. IV, Fig. 10) wachsen im allgemeinen nicht mehr, wiewohl sie lebhafte Protoplasmaströmung zeigen können; sie sind also zur Weiterkultur ungeeignet.
3. Nach viele Monate lang fortgesetzter Kultur in geeigneten künstlichen Nährlösungen zeigt der Pilz keinerlei Degeneration oder Abschwächung irgend welcher Eigenschaften.
4. Bei Uebertragung des Pilzes in reines Wasser tritt die Schwärmsporenbildung erst nach 2–3 Tagen ein, also viel langsamer als bei Saprolegnia. Im Wachstum begriffener Leptomitus ist deshalb viel eher geeignet, grosse Schwankungen im Gehalt des Wassers an Nährstoffen auszuhalten als Saprolegnia, die sich unter solchen Verhältnissen leicht in Schwärmsporenbildung erschöpfen würde.
5. Der Pilz bildet keine Eier. Seine Dauerstadien werden ersetzt teils durch resistente, schliesslich sehr nahrungs-, d. h.

Digitized by Google

eiweiss- und fettarme Mycelstücke (Taf. I, Fig. 1—6), die unter Umständen aus einem einzigen Fadenglied bestehen können (Taf. III, Fig. 22), teils durch gemmenartige Gebilde (Taf. III, Fig. 23—28). Diese Stadien zeigen, wie die Fäden im allgemeinen überhaupt, grosse Widerstandsfähigkeit gegen Schwefelwasserstoff, grosse Mengen von Kohlensäure, Ammoniak und Sauerstoffmangel.

6. Bei gekrümmten Fäden brechen die Seitenglieder an der konvexen Seite hervor (Morphästhesie Noll's). Darin liegt ein Vorteil für das gedeihliche Weiterleben von Fadenknäueln.
7. Der Pilz ist auf äussere chemische Einflüsse in morphologischer Beziehung unter Umständen sehr reaktionslustig (vergl. dazu die Formen auf Taf. IV).
8. Der Bildung der Strikturen gehen wahrscheinlich Veränderungen im Dickenwachstum der Membranen voraus (vergl. Taf. III, Fig. 31—36 und S. 45).
9. Die Cellulinkörner färben sich mit Kongorot und verraten dadurch Aehnlichkeit mit Cellulose. Dieser Farbstoff war von Pringsheim, welcher die relative Unfärbbarkeit dieser Gebilde betonte, nicht verwendet worden.

Figurenerklärung.

Die Figuren sind von mir teils mit der Camera lucida (soweit sie mikroskopisch sind) gezeichnet, teils photographisch aufgenommen und von Frl. Paula Guenther mit dankenswerter Sorgfalt in der vorliegenden Form für den Lichtdruck zusammengestellt und näher ausgeführt worden.

Die Inhaltsbestandteile der Zellfäden sind nur da wiedergegeben worden, wo ihre nähere Kenntnis von besonderem Wert war.

Alle Figuren (exkl. Taf. II, Fig. 4) beziehen sich auf Leptomitus lacteus und stammen, soweit nicht ausdrücklich etwas anderes gesagt ist, von ein und demselben Ausgangsexemplar.

Bei manchen Figuren findet sich die Zusammensetzung der Nährlösung angegeben, in welcher das betreffende Mycelstück wuchs. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass die bezügliche, in der Zeichnung dargestellte Form mit zwingender Notwendigkeit in einer solchen Lösung entstehen müsste.

Tafel I.

Fig. 1. Fadenstück meines ursprünglichen Ausgangsmaterials. Um den plasmatischen Inhalt zu zeigen, ist der Faden mittels 4proz. Kochsalzlösung plasmolysiert worden, wobei der Plasmaschlauch — wie gewöhnlich in langgestreckten Organen — sich in mehrere Kugeln zerlegt hat. Aussen

Digitized by Google

ist der Faden mit Schlammpartikeln umhüllt, so wie ich ihn am natürlichen Standort gefunden habe. Solche Fäden hielt ich anfänglich für tot. S. 85 des Textes findet sich die Bemerkung, dass an der Oberfläche der Leptomitusfäden feine Partikelchen leicht festkleben. $^{480}/_{1}$.

Fig. 2. Ein Fadenstück ähnlich dem in Fig. 1. Um den protoplasmatischen Wandbelag zu zeigen, ist der Faden plasmolysiert worden. Dabei hat sich der Plasmaschlauch zu feinen Kügelchen zusammengezogen. Das Plasma dieser Hungerstadien ist ganz hyalin und zeigt nur hier und da einige Körnchen. $^{150}/_{1}$.

Fig. 3. Faden ähnlich dem in Fig. 1 u. 2. Das Plasma enthält etwas mehr Körnchen als in dem nebenstehend (Fig. 2) gezeichneten Faden. $^{300}/_{1}$.

Fig. 4. Hungerstadium gleich den vorstehenden Figuren. Wegen der Zartheit der Cellulosehaut ist dieselbe bei der Plasmolyse kollabiert. Das Plasma ist vollkommen hyalin. $^{300}/_{1}$.

Fig. 5. Teil eines Gliedes eines Hungerstadiums, im optischen Querschnitt bei Oelimmersion gezeichnet, um zu zeigen, dass das hyaline Plasma solcher Hungerstadien auch ohne Plasmolyse gesehen werden kann. Der unterste Teil des Gliedes ist zum grösseren Teil durch eine Cellulinkugel verschlossen. $^{600}/_{1}$.

Fig. 6. Zeichnung eines Hungerstadiums, wie ich es am 3. April 1901 zu Beginn meiner Untersuchungen bei Berlin gefunden habe. Die Fäden leben, doch konnte das Plasma ohne Plasmolyse nicht gesehen werden. Die zarten Enden waren zwischen den umgebenden Schlammpartikeln kaum zu verfolgen. Die stärkeren Fäden waren an den Enden z. T. abgerissen. $^{43}/_{1}$.

Fig. 7. Stück eines Fadens, bei welchem zwischen den in ziemlich gleichmässigen Abständen gelagerten Cellulinkörnern keine Strikturen zu beobachten sind. Solche Fälle sind öfter zu konstatieren. Aus einer Nährlösung mit $^{1}/_{2}$ % Pepton, $^{1}/_{2}$ % Rohrzucker und einer Spur Milchsäure. $^{375}/_{1}$.

Fig. 8. Das vorliegende Verzweigungssystem erscheint echt dichotomisch geteilt. Die Erscheinung wird aber dadurch zustande gekommen sein, dass sich dicht unter der fortwachsenden Spitze Seitenglieder ohne Strikturen gebildet haben. Vergl. Fig. 9. Aus einer Lösung mit $^{1}/_{2}$ % Pepton, $^{1}/_{2}$ % Rohrzucker und etwas Harnsäure, die aber sehr schwer löslich ist. $^{500}/_{1}$.

Fig. 9. Junge, plasmaerfüllte Fadenspitze aus einer Fleischbouillonkultur. Die seitliche Ausgliederung könnte echte Dichotomie vortäuschen, indessen kommt solche bei Leptomitus nicht vor. Der hier dargestellte Befund ist ziemlich selten zu beobachten. $^{480}/_{1}$.

Fig. 10. An diesem Fadenstück ist deutlich zu erkennen, dass die Seitenglieder auf der konvexen Seite entstanden sind. An der nach rechts vortretenden Papille war auch eine leichte Konvexität, welche aber auf der Zeichnung nicht deutlich hervortritt. Aus einer Lösung mit $^{1}/_{2}$ % Pepton, $^{1}/_{2}$ % Fleischextrakt und einer Spur Mannit. $^{480}/_{1}$.

Fig. 11. Ein Beispiel, welches die Tatsache demonstriert, dass die Seitenglieder auf der konvexen Seite entstehen, falls der Faden Krümmungen zeigt. $^{156}/_{1}$.

Fig. 12. Fadenstück, dessen ziemlich armer Inhalt normales Aussehen zeigt. Man erkennt im Innern kleine Fettkügelchen und zarte Längssträhnen des sonst kaum sichtbaren Plasmas, welches sich wohl immer in Strömung befindet, solange der Pilz lebt. Aus einer 5proz. Rohrzuckerlösung. $^{600}/_{1}$.

Fig. 13. Ein Faden, welcher die gewöhnliche Art der Stellung der Seitenglieder zeigen soll. Entspringen dieselben auf der Mitte eines Gliedes, so bilden sie einen Winkel von 90° mit der Achse, entstehen sie dagegen nahe der Striktur auf der Wölbung, so pflegt dieser Winkel nur 45° zu betragen. $^{70}/_{1}$.

Fig. 14. Fadenstück aus einer älteren Sirup-Gelatinekultur mit abnorm reichem Fettgehalt. $^{200}/_{1}$.

Fig. 15. Fadenstück aus einer ca. 2 Monate alten Mehlwurmkultur. Mit kugeligem Glied zwischen zwei Strikturen. $^{490}/_{1}$.

Fig. 16. Fadenstück aus einer Nährlösung mit $^{1}/_{2}$% Pepton und $^{1}/_{2}$% Rohrzucker unter Zusatz einer Spur Alkohol. $^{500}/_{1}$.

Fig. 17. Abnorm gestaltetes Fadenstück aus einer ca. 2 Monate alten Mehlwurmkultur. $^{400}/_{1}$.

Fig. 18. Stück eines lebenden Fadens mit gewellten Wänden. Das Exemplar entstammte einer $2^{1}/_{2}$ Wochen alten Bouillonkultur. Die Wände waren, wie das bei meinen älteren Reinkulturen stets der Fall war, nur noch wenig resistent, sodass die Mycelstücke beim Erfassen mit der Pincette leicht zerreissen. $^{380}/_{1}$.

Fig. 19. Faden mit keulenförmig gestaltem Glied, aus einer 10proz. Rohrzuckerlösung nach 14tägigem Aufenthalte in derselben. $^{320}/_{1}$.

Fig. 20, 21, 22. Die hier dargestellten Membranverdickungen fanden sich in Fäden aus einer älteren Bouillonkultur. Man erkennt verschiedene Stadien der Verdickung. $^{400}/_{1}$.

Fig. 23. Verschluss einer Striktur durch starke Wandverdickungen. Aus einer Nährlösung mit 1% Pepton und 1% Traubenzucker. $^{500}/_{1}$.

Fig. 24. Fadenstück mit stark lichtbrechenden Wandverdickungen, welche bis zum Verschwinden des Lumens centripetal vorgerückt sind. Aus einer Nährlösung mit 1% Pepton und 1% Traubenzucker. $^{600}/_{1}$.

Fig. 25. Fadenstück mit ungewöhnlicher Wandverdickung. Aus einer Fleischbouillonkultur. $^{470}/_{1}$.

Fig. 26. Ein Mycelglied, welches mit fester Masse bis auf einige Reste vollkommen ausgefüllt ist. Da der Innenkontour sehr unregelmässig ist, handelt es sich offenbar nicht um Wandverdickungen durch centripetales Wachstum, sondern um Anlagerung von Inhaltsmassen an die Cellulosewand. Aus einer Nährlösung mit $^{1}/_{2}$% Pepton, $^{1}/_{2}$% Rohrzucker und etwas Glycerin. $^{500}/_{1}$.

Tafel II.

Fig. 1. Luftmycel des Leptomitus, welches sich bei einer Kultur auf Mehlwurm über die Wasseroberfläche erhoben hat. An den Fäden sind Tröpfchenausscheidungen zu beobachten. Natürliche Höhe $2^{1}/_{2}$ mm.

Fig. 2. Darstellung eines Mycelstückes mit zarten, weniger knorrigen Gliedern

als in Fig. 3, welche sich an einem normalen Hauptfaden entwickelt haben; aus einer 5proz. Siruplösung. Man sieht, dass die Seitenglieder an den konvexen Seiten hervorbrechen. Die letzten Enden haben weder Strikturen noch sichtbare Cellulinkörner; der Durchmesser der feinsten Spitzen beträgt 1—2 μ. $^{200}/_{1}$.

Fig. 3. Normalgestalteter Faden mit reich verzweigtem Seitentrieb. Solche Gebilde sind bei Gelatinekulturen sehr oft zu beobachten. Nach einer Photographie gezeichnet. $^{125}/_{1}$.

Fig. 4. Faden eines mit Querwänden versehenen Schimmelpilzes, welchen ich zufällig im Wasser gefunden hatte. Derselbe zeigt einige Aehnlichkeit mit Leptomitus, nur bestehen die Körnchen nicht aus Cellulin, sondern aus Fett. Nicht alle Fäden des Pilzes waren so regelmässig gegliedert. $^{400}/_{1}$.

Fig. 5. Unregelmässig verzweigtes Mycel aus einer älteren Pepton-Fleischextrakt-bouillon. Für solche pflegen derartig verzweigte Fäden bis zu einem gewissen Grade charakteristisch zu sein. $^{150}/_{1}$.

Fig. 6. Mycel aus einer Kultur, welche mit der Schere zerschnitten worden war und dann bei Einbringen in Leitungswasser diese feinen Fäden getrieben hatte. Die Darstellung derselben ist etwas schematisch gehalten, demonstriert aber zur Genüge die im Wasser entstehenden feinen Ausstrahlungen. $^{200}/_{1}$.

Fig. 7. Circa 3 Tage alte Kultur des Pilzes auf Mehlwurm ($^{3}/_{4}$ nat. Gr.). Dieser befindet sich in einem Glasröhrchen, welches an einem Ende geschlossen ist. Das Kulturgefäss ist in der Figur absichtlich zu klein gehalten ($^{1}/_{3}$ nat. Gr.).

Fig. 8. Reinkultur des Pilzes in dünner Sirupgelatine. Nach Verlauf von weiteren 20 Stunden war durch Wachstum des Mycels fast das ganze Gefäss ausgefüllt. Die Fäden nahe der Luft waren dick mit knorrigen Verzweigungen, die tiefer im Substrat befindlichen feinfädig und schlank. Vergl. S. 73. (ca. $^{1}/_{2}$ nat. Gr.)

Fig. 9. Reinkultur in einer 50 ccm fassenden Glasdose. Die dunkle Stelle am Boden bedeutet das Impfmaterial, von welchem, meist wohl infolge von Morphästhesie (vergl. S. 46), radial die neu wachsenden Fäden ausstrahlen. Bei Annäherung an die Oberfläche wird das Mycel dichter. ($^{3}/_{4}$ nat. Gr.)

Tafel III.

Fig. 1. Sporangium kurz vor der Ausbildung der Schwärmsporen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 2. Dasselbe Sporangium nach Rollen desselben und Drücken auf dem Deckgläschen. $^{550}/_{1}$.

Fig. 3. Diese Figur soll demonstrieren, dass grössere und kleinere Plasmapartieen zur Schwärmsporenbildung Verwendung finden können. Solche Stadien finden sich bei Kulturen in Zuckerlösungen und auf Mehlwürmern. $^{660}/_{1}$.

Fig. 4. Sporangium mit zahlreichen Sporen. $^{433}/_{1}$.

Fig. 5. Sporangium, aus welchem die Schwärmsporen nicht ausgeschlüpft sind, sondern sich im Innern desselben zur Keimung anschicken. Membranen

Digitized by Google

waren, wie die Plasmolyse lehrte, an allen Sporen vorhanden. Die dritte Spore von unten ist atrophiert. $^{460}/_1$.

Fig. 6. Entleertes Sporangium. Die Austrittsstelle für die Schwärmsporen liegt am basalen Ende. Das Loch wird besonders nach Färben der Membranen mit Kongorot deutlich sichtbar. Das Material stammte von einer Mehlwurmkultur. $^{410}/_1$.

Fig. 7. Entleertes Sporangium. Die Oeffnung befindet sich — im Gegensatz zu Fig. 6 — nahe der Spitze. Das Material stammte von einer Mehlwurmkultur. $^{410}/_1$.

Fig. 8. Ende einer Hyphe, welche wahrscheinlich infolge gestörter Schwärmsporenbildung keimschlauchartige Auswüchse zu erzeugen beginnt. Aus einer Reinkultur auf Mehlwurm, in der sich auch zahlreiche reife Sporangien befanden. $^{400}/_1$.

Fig. 9. Fadenende, welches wohl im Begriff war, Sporangien zu bilden, diese aber nicht zur Entwickelung gebracht hat. Die nach rechts vorgestülpten Protuberanzen machen den Eindruck abnormer Keimschläuche. Aus einer einen Monat alten Mehlwurmkultur. $^{333}/_1$.

Fig. 10. Die Bildung der Querwand lässt erkennen, dass das Endglied zum Sporangium bestimmt war. Infolge gehinderter Schwärmsporenbildung ist am basalen Teil ein Keimschlauch gebildet worden. $^{350}/_1$.

Fig. 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19. Verschiedene Formen von Keimpflanzen.

Fig. 11. Junge Keimpflanze in einer Gestalt, wie sie gewöhnlich beobachtet wird. Cellulinkörner konnte ich nicht wahrnehmen. $^{420}/_1$.

Fig. 12. Junge Keimpflanze mit frühzeitiger Verzweigung. $^{420}/_1$.

Fig. 13. Junge Keimpflanze, bei welcher der Keimschlauch gleichsam mit einer Striktur beginnt, da der basale Teil desselben kugelig angeschwollen ist. $^{460}/_1$.

Fig. 14. Beispiel für die Keimung der Schwärmspore unter Abwerfen einer Haut. $^{420}/_1$.

Fig. 15. Keimpflanze mit zwei Keimschläuchen. Abwerfen einer Haut wie in Fig. 14. $^{420}/_1$.

Fig. 16. Auskeimung von Sporen innerhalb eines Sporangiums. $^{480}/_1$.

Fig. 17. Junge Keimpflanze mit drei Keimschläuchen. Aus der Jeetze bei Salzwedel. $^{666}/_1$.

Fig. 18. Junge Keimpflanze mit zwei Keimschläuchen. Das Abwerfen einer Haut ist nicht zu beobachten. Aus der Jeetze bei Salzwedel. $^{600}/_1$.

Fig. 19. Junge Keimpflanze mit frühzeitig verzweigtem Keimschlauch. $^{666}/_1$.

Fig. 20. Die im Innern des Sporangiums gekeimten Sporen haben mit ihren Keimschläuchen die Wand an verschiedenen Stellen durchbohrt. $^{400}/_1$.

Fig. 21. Sporangium, aus welchem alle Sporen bis auf eine ausgeschlüpft sind. Diese im Innern des Sporangiums zurückgebliebene Spore entsendet einen Keimschlauch nach aussen. $^{380}/_1$.

Fig. 22. Ausgekeimte Fadenglieder, welche sich zwischen normalen Keimpflanzen fanden. Aus diesen Figuren erkennt man, dass selbst einzelne Glieder des Leptomitus zur Fortpflanzung beitragen können. $^{430}/_1$.

Fig. 23. Sporangium, dessen Sporen nicht ausgeschlüpft sind und sich mit einer Haut umgeben haben, wenigstens einige unter ihnen. Man vergl. hierzu

Digitized by Google

Al. Braun, Verjüngung in der Natur. 1851. S. 289. Das Material stammte aus einer Mehlwurmkultur. $^{480}/_{1}$.

Fig. 24. Gemme aus einer Kultur auf Mehlwurm. $^{450}/_{1}$.

Fig. 25, 26, 27, 28. Gemmenartige Bildungen, entstanden bei Kultur auf 5proz. Gelatine mit 2 % Liebig-Fleischextrakt bei etwas saurer Reaktion. Aehnliche Bildungen finden sich auch in alten Mehlwurmkulturen. Vergrösserungen bezw. $^{530}/_{1}$, $^{550}/_{1}$, $^{500}/_{1}$, $^{450}/_{1}$.

Fig. 29. Statt einer Striktur findet sich hier ein förmlicher Verbindungskanal, eine Erscheinung, die nur selten zu beobachten ist. Der Faden war 40 μ dick. $^{175}/_{1}$.

Fig. 30. Fadenstück mit einseitig unvollkommener Striktur. Dieselbe bildet rechts eine seichte Einbuchtung, links einen spitzen Winkel. Das Objekt stammt von einer Kultur in 1proz. Peptonlösung. $^{660}/_{1}$.

Fig. 31—35. Fäden aus einer 5 Monate alten Mehlwurmkultur. Die eigentümlichen Membranstrukturen scheinen darauf hinzudeuten, dass die äusseren Membranschichten ringförmig aufreissen und sich z. T. zusammenziehen können. Die dadurch freigelegten inneren Membranschichten können dann ziemlich ausgiebig weiterwachsen. $^{460}/_{1}$.

Fig. 36. Fadenglied aus einer 5 Monate alten Mehlwurmkultur. Die äusseren Membranschichten zeigen unregelmässige Risse, während dieselben in den Fig. 31—35 regelmässig, ringförmig verlaufen. $^{480}/_{1}$.

Fig. 37. Die obere Striktur des Fadens ist auf der einen Seite seichter als auf der anderen. Aus einer Nährlösung mit $^{1}/_{2}$ % Pepton, $^{1}/_{2}$ % Rohrzucker und einer Spur Citronensäure. $^{500}/_{1}$.

Fig. 38. Glied eines älteren Fadens. Dasselbe enthält in ziemlicher Zahl Cellulinkörner, welche zum grössten Teil in auffallender Beziehung zu den Seitengliedern stehen. $^{125}/_{1}$.

Fig. 39. Sehr dicker (60 μ) Faden von dem im Innern des Mehlwurms sitzenden Mycel einer Kultur. Man erkennt zahlreiche, zum grösseren Teil geschichtete Cellulinkörner. $^{100}/_{1}$.

Tafel IV.

Fig. 1. Abnorm gestaltetes Mycelende. Das Innere des Fadens war vollkommen mit stark lichtbrechender Substanz erfüllt. Aus einer Nährlösung mit $^{1}/_{2}$ % Pepton, $^{1}/_{2}$ % Rohrzucker und etwas weinsaurem Kali. $^{470}/_{1}$.

Fig. 2. Schraubig gestalteter Faden aus einer Kultur auf 5 % Gelatine mit 2 % Liebig-Fleischextrakt. $^{333}/_{1}$.

Fig. 3. Schraubenförmig umeinander gewundene, sonst normale Fäden. Diese Erscheinung ist nur selten zu beobachten. $^{100}/_{1}$.

Fig. 4. Bizarr gestaltetes Fadenstück aus einer Mehlwurmkultur. $^{523}/_{1}$.

Fig. 5. Ungewöhnlich abnorm gestaltetes Mycel des Pilzes von einer Mehlwurmkultur. $^{333}/_{1}$.

Fig. 6. Mycelglied mit ungewöhnlich reicher Ausgliederung. Die geweihartigen Verzweigungen waren z. T. noch komplicierter, als die Zeichnung es wiedergiebt. Das Material entstammt einer Kultur auf Mehlwurmgelatine, welche in schräger Fläche im Petrischälchen erstarrt war. An den

dünnsten Stellen der Gelatine, wo diese zuerst austrocknete, entstanden dann Gebilde ähnlich dem hier dargestellten. $^{430}/_{1}$.

Fig. 7. Stark gedrungen-verzweigtes Mycel aus einer Nährlösung mit $^1/_2$ % Pepton, $^1/_2$ % Rohrzucker und etwas weinsaurem Kali. $^{600}/_{1}$.

Fig. 8. Fadenstück, an welchem ein Glied gleichsam seitlich ausgezogen ist. Aus einer Nährlösung mit $^1/_2$ % Pepton, $^1/_2$ % Rohrzucker und etwas Mannit. $^{600}/_{1}$.

Fig. 9. Knorriges Mycelstück aus einer 1proz. Peptonlösung. In solcher Nährlösung sind derartige Gebilde öfter zu beobachten. $^{450}/_{1}$.

Fig. 10. Mycelstück aus einer Gelatinekultur. Derartig unregelmässig gestaltete Fäden eignen sich sehr schlecht zu Kulturen. Sie wachsen meist nicht aus, selbst wenn sie in sehr gute Bouillon geimpft werden, obgleich sie lebend sind, wie die Plasmaströmung lehrt. $^{200}/_{1}$.

Fig. 11. Fadenstück aus einer ca. 2 Monate alten Mehlwurmkultur. $^{470}/_{1}$.

Fig. 12. Bild einer Dichotomie bei Seitengliedern. Diese Dichotomie ist aber wohl keine echte. Aus einer Kultur auf 5 % Gelatine mit 2 % Liebig-Fleischextrakt. $^{430}/_{1}$.

Fig. 13. Verkrüppelter Faden aus der Jeetze bei Salzwedel. In den gesammelten Proben fanden sich viele derartige Fäden. $^{333}/_{1}$.

Fig. 14. Beispiel für das seltene Vorkommen, dass zwei Seitenglieder einander in der dargestellten Weise zugekehrt sind. Aus einer Nährlösung mit $^1/_2$ % Pepton, $^1/_2$ % Rohrzucker und einer Spur Milchsäure. $^{450}/_{1}$.

Fig. 15. Beispiel eines Hauptgliedes, aus welchem drei ziemlich regelmässige Seitenglieder hervorsprossen, ein Fall, der verhältnismässig selten zu beobachten ist. $^{400}/_{1}$.

Fig. 16. Fadenstück mit ungewöhnlich gestaltetem Seitenglied. Aus einer Nährlösung mit $^1/_2$ % Pepton, $^1/_2$ % Rohrzucker und einer Spur Milchsäure. $^{640}/_{1}$.

Fig. 17, 18. Dünne Fadenenden, wie sie bei vielen Kulturen vorkommen. Fig. 17 mit, Fig. 18 ohne Fett. $^{330}/_{1}$ bezw. $^{500}/_{1}$.

4.

Beitrag zur mechanischen Reinigung von Kanalwasser.[1]

Bemerkungen zur Kanalisation von Düsseldorf.

Von

Beigeordneten **Geusen**, Regierungs-Baumeister a. D., und Stadt- und Gerichts-Chemiker Dr. **Loock** in Düsseldorf.

(Mit einem Stadtplan.)

Die Entwürfe für die Kanalisations-Anlagen Düsseldorfs sind von der Aufsichtsbehörde in den Jahren 1887 und 1888 mit der Massgabe genehmigt worden, dass der Anschluss der Aborte an die Kanäle zu unterbleiben hatte, so lange nicht eine Reinigungs-Anlage für die Abwässer hergestellt war. Zur Herstellung einer Reinigungs-Anlage konnte sich die Stadt zu jener Zeit nicht entschliessen; der Anschluss der Aborte ist demgemäss unterblieben, und die menschlichen Auswurfstoffe werden bis jetzt noch in den Grundstücken gesammelt und von Zeit zu Zeit abgefahren. Die sonstigen Abwässer (Haus-, Fabrik- und Regenwasser) ergiessen sich ohne irgend welche Reinigung an den beiden im Plan bezeichneten Stellen in den Rhein. Die Auslasskanäle münden an der Korrektionslinie des Stromes aus, und ihre Sohle liegt 1.50 m unter der durch den Nullpunkt des Düsseldorfer Pegels (+ 26.45 N. N.) gehenden Horizontalebene.

Die hygienischen und ästhetischen Missstände der Aufstapelung der Auswurfstoffe in den Grundstücken, die Belästigung der Bewohner und die Störungen des Verkehrs bei der Abfuhr, endlich die Schwierigkeiten des Absatzes der mit der zunehmenden Einführung der Spül-

1) Siehe Heft 1 dieser „Mitteilungen“, Vorwort S. 31.

aborte immer mehr verdünnten Stoffe haben der Stadt Anlass gegeben, die Erbauung einer Reinigungsanlage in Aussicht zu nehmen, um die Erlaubnis zum Anschluss der Aborte an die Kanalisation zu erhalten.

Der Unterschied in der Beschaffenheit städtischer Abwässer mit und ohne Beimengung der menschlichen Auswurfstoffe ist unbedeutend, jedenfalls für die Beurteilung der Wässer in hygienischer Beziehung in vielen Fällen unwesentlich. Die sonstigen Abwässer aus den Hauswirtschaften, z. B. die Küchenwässer sind ebenfalls erheblich verunreinigt und enthalten grosse Mengen der die Ursache der fauligen Zersetzung bildenden Stoffe. Die Gefahr, dass durch die Abwässer Krankheitskeime verbreitet werden, wird durch den Ausschluss der menschlichen Auswurfstoffe nicht wesentlich verringert, da auch die zum Baden und Waschen von Infektionskranken, deren Wäsche, Geräte, Wohnungen dienenden Wässer diese Krankheitskeime enthalten. Die Hygiene macht daher heutzutage keinen Unterschied mehr zwischen städtischen Abwässern mit und ohne menschliche Auswurfstoffe, und auch in der allgemeinen Ministerial-Verfügung vom 20. Februar 1901, betreffend Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer, ist eine derartige Unterscheidung nicht enthalten.

Die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit der Einführung von städtischen Abwässern in die öffentlichen Flüsse ist nach den Grundsätzen, die der genannten Verfügung beigegeben sind, zu beurteilen nach der Menge und Beschaffenheit der Abwässer und der Wasserführung und Beschaffenheit des Vorfluters. Günstige Verhältnisse des Vorfluters sind nach den Grundsätzen im allgemeinen grosse Wassermenge, hohe Stromgeschwindigkeit, kiesiges Bett, feste Ufer und Zuführung von Grundwasser. Diese günstigen Verhältnisse liegen am Rhein bei Düsseldorf sämtlich vor; der Strom führt beim niedrigsten eisfreien Wasserstand (+ 0,60 m am Pegel) 660 cbm Wasser, beim mittleren Jahreswasserstand (+ 2,75 m am Pegel) 2000 cbm Wasser in der Sekunde. Die Stromgeschwindigkeit beträgt bei dem genannten kleinsten Wasserstand etwa 1 m. Das Flussbett ist kiesig, die Ufer sind durchweg befestigt, und der Strom wird durch Grundwasser, aus dem Düsseldorf sein Trinkwasser entnimmt, gespeist. Die sekundliche Schmutzwassermenge beträgt bei der jetzigen Bevölkerungszahl Düsseldorfs (220000 Seelen) höchstens 0,4 cbm, das Schmutzwasser zeigt bezüglich seines Gehaltes an gelösten und suspendierten Stoffen und an Stickstoff die normale Beschaffenheit städtischer Abwässer. Als

Mittel aus einer Reihe Einzeluntersuchungen, die ebenso wie die Rheinwasseruntersuchungen in der unter Leitung des Mitverfassers Dr. Loock stehenden öffentlichen Nahrungsmittel-Untersuchungs-Anstalt der Stadt Düsseldorf in der Zeit vom 15. November 1900 bis 14. Juni 1901 angestellt worden sind und sich je zur Hälfte auf die durchschnittliche Beschaffenheit des Tages- und Nachtwassers erstrecken, ergibt sich ein Gehalt des Düsseldorfer Abwassers, ohne die groben Schwimm- und Schwebestoffe, die in der projektierten Reinigungsanlage entfernt werden sollen:

An gelösten und suspendierten Stoffen mg im Liter

Gesamtrückstand . . .	928	(Maximum	1264,	Minimum	500)
Glührückstand	632	(„	982,	„	380)
Glühverlust	296	(„	434,	„	120);

An gelösten Stoffen allein mg im Liter

Gesamtrückstand . . .	734	(Maximum	1017,	Minimum	434)
Glührückstand	549	(„	785,	„	343)
Glühverlust	185	(„	284,	„	91);

An gelöstem und suspendiertem Stickstoff mg im Liter

Insgesamt	31	(Maximum	51,	Minimum	16)
Flüchtiger	20	(„	33,	„	9)
Organischer	11	(„	20,	„	1,3);

An gelöstem Stickstoff mg im Liter

Insgesamt	25	(Maximum	43,	Minimum	10)
Flüchtiger	20	(„	33,	„	9)
Organischer	5	(„	12,	„	0).

Da nun auch noch niemals Klagen über Verunreinigung des Rheines infolge der schon seit Jahren erfolgten Einführung der ungereinigten Abwässer Düsseldorfs laut geworden sind, eine Entnahme von Rheinwasser zum Zwecke der Wasserversorgung bei keiner unterhalb Düsseldorfs gelegenen Stadt erfolgt, durfte die Stadt erwarten, dass die Anforderungen an die Reinigung der Abwässer nicht so weitgehende sein würden, wie zur Zeit des Beginns der Kanalisationsarbeiten vielleicht angenommen worden war.

Von besonderer Wichtigkeit für die Entwässerungsfrage der am Rhein gelegenen Städte sind die Untersuchungen, die Herr Professor Kruse in Bonn am Rheinstrom angestellt hat[1]). Kruse kommt auf

1) Beiträge zur praktischen Hygiene. II. Ueber Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Von Dr. W. Kruse, a. o. Prof. der Hygiene in Bonn. Centralblatt f. allgemeine Gesundheitspflege. Organ des Niederrheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege. Achtzehnter Jahrgang. 1899. S. 16ff.

Digitized by Google

Grund seiner Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass dem Rheine, einem Strome, der alle Abwässer mindestens tausendfach verdünnt, unbedenklich die Abwässer sämtlicher an ihm liegenden Städte zugeführt werden können, trotz der unzweifelhaft eintretenden Vermehrung der Bakterien, wenn die gröbsten Sink- und Schwebestoffe vor der Einleitung in den Fluss entfernt und die Kanalmündungen so weit in den Fluss hineingelegt würden, dass die Vermischung des Schmutzwassers mit dem Flusswasser eine schnelle und vollständige sei und die Verunreinigung der Ufer verhütet würde. Zu gleichem Ergebnis kommt Herr Professor Proskauer, Abteilungs-Vorsteher am Institut für Infektionskrankheiten in Berlin, der von der Stadt Düsseldorf ersucht worden ist, ein Gutachten über die Notwendigkeit und den Umfang der Reinigung der Abwässer nach Anschluss der Aborte vor ihrer Einführung in den Rhein abzugeben. Proskauer hat sein Gutachten im Jahre 1901 dahin abgegeben, „dass unter den in Düsseldorf vorliegenden Verhältnissen eine Reinigung, die eine Ausscheidung der groben Sinkstoffe und eine Entfernung der Schwimmstoffe bis zu einer Grösse von 3 mm ermögliche, ausreiche, um hygienische und ästhetische Missstände vom Rheinstrome fernzuhalten und eine nachteilige Aenderung des Flusswassers in chemischer und grobsinnlicher Hinsicht zu verhüten. Eine Entfernung noch kleinerer Schmutzstoffe erscheine bei der erheblichen Wassermenge und grossen Stromgeschwindigkeit des Flusses nicht erforderlich; derartige feinste Teile werden aber in vermehrter Menge als jetzt (d. h. nach Anschluss der Aborte d. V.) im Abwasser auch nicht enthalten sein. Bei der in Aussicht genommenen Abführung der Schmutzwässer durch eine Gravitationsleitung mit geringem Gefälle und also auch nicht erheblicher Geschwindigkeit werde eine Maceration und eine damit verbundene Auslaugung der Fäkalien, deren Einführung in die Kanäle ja überhaupt nur die Herstellung einer Reinigungsanlage in Düsseldorf nötig mache, nur in ganz geringem Masse eintreten, die Fäkalien sowohl wie auch andere Schmutzstoffe würden vielmehr in zusammenhängenden grösseren Stücken, deren Abfangung keine Schwierigkeiten bilde, in der Reinigungsanlage ankommen. Ein erheblicher Teil der groben Sinkstoffe werde bei Trockenwetter schon im Hauptsammelkanal niedergeschlagen; die bei hohem Wasserstande im Kanal mitgeführten Teile würden in der vorgesehenen Reinigungsanlage bei der geringen Geschwindigkeit, mit der diese vom Wasser durchströmt wird (Sandfang), zurückgehalten werden“.

„Aus den vorstehend angegebenen Gründen erscheine es möglich, von der Herstellung sogenannter Klärbecken oder grösserer Absitzbassins, bei deren Anlage auch nur Schwebeteile bis zu einer gewissen Grösse zurückzubehalten und die feinsten Teile der Schmutzwässer doch mit abgeführt würden, abzusehen und die Entfernung der Schwebestoffe nur durch Abfangsvorrichtungen mechanischer Natur etwa nach dem Riensch'schen Patente zu bewirken. Andererseits hätten die Klärbecken den grossen Nachteil, dass der in ihnen niedergeschlagene Schlamm in Fäulnis gerate und das durch sie fliessende Wasser durch in Lösung gehende Stoffe an Schmutzstoffen angereichert werde, wie dies durch Untersuchungen in Frankfurt a. M., Allenstein und anderen Orten nachgewiesen worden ist."

„Erwäge man nun noch den Umstand, dass der in Fäulnis übergehende Schlamm üble Gerüche verbreite und die Nachbarschaft auf weite Strecken hin belästige, erwäge man ferner die Schwierigkeiten und hohen Kosten der Unterbringung und Unschädlichmachung des Schlammes, wie er sich gewöhnlich in den Becken absetzt, so sei der Schluss wohl gerechtfertigt, dass die Vorteile, die durch eine Zurückbehaltung der allerfeinsten Schwebeteile des Abwassers erreicht werden könnten, Vorteile, die übrigens für den Rheinstrom von ganz unerheblicher Bedeutung seien, in keinem Verhältnisse ständen zu den Nachteilen, die die Anlage von Klärbecken unter den hier obwaltenden Verhältnissen im Gefolge habe. Ergänzend möge noch hinzugefügt werden, dass nach dem heutigen Stande der Wissenschaft angenommen werde, dass in den Klärbecken eine schädigende Einwirkung auf die Bakterien, insbesondere auf etwa im Wasser befindliche pathogene Bakterien nicht stattfinde."

Die Richtigkeit der Ausführungen Proskauer's findet ihre Bestätigung in dem Ergebnisse von chemischen Untersuchungen des Rheinwassers oberhalb und unterhalb Düsseldorfs, die von der Stadt angeordnet worden sind, um festzustellen, ob in Folge Einführung der ungereinigten Abwässer Düsseldorfs in den Rhein die Beschaffenheit des Flusswassers verändert wird. Die Proben zur Untersuchung wurden entnommen an den beiden im Plan angegebenen Stellen, einmal oberhalb der Hafenmündung, dann an der nördlichen Grenze der Stadtgemarkung. Die Lage der Entnahmestellen und der Kanalmündungen ist aus dem Plan zu ersehen. Die Entnahme der Proben erfolgte in der Weise, dass durch eine an einem Motorboot befestigte

Digitized by Google

Pumpe von der Oberfläche bis auf 4 m Tiefe während des Ueberfahrens von einem Ufer zum anderen an 5 verschiedenen Stellen des Querschnittes, die rund 50 m von einander entfernt lagen, Flusswasser in ein grosses Gefäss gehoben wurde, aus dem nach guter Durchmischung die Proben entnommen wurden. Die Entnahme der Proben erfolgte zu verschiedenen Tageszeiten und an der unterhalb der Stadt gelegenen Stelle im Anschluss an die Entnahme der Proben oberhalb; zwischen beiden Entnahmen lag nur die Zeit, die das Boot brauchte, um von der oberen Entnahmestelle zur unteren zu treiben. Es wurde nicht für nötig erachtet, an einzelnen Punkten des Flussquerschnittes Proben zu Einzeluntersuchungen zu entnehmen, da in Aussicht genommen ist, eine neue Kanalmündung bis in den Stromstrich zu führen und auf der Flusssohle ausmünden zu lassen, so dass eine baldige Vermischung des Abwassers mit dem Flusswasser im ganzen Querschnitt des Stromes nach kurzem Lauf eintreten wird. Auf Anregung des Herrn Geheimen Ober-Medizinal-Rates Dr. Schmidtmann sind jedoch seit dem 15. April 1902 auch Untersuchungen der an den einzelnen Punkten der beiden Querschnitte entnommenen Proben angeordnet worden, die sich, ausser auf die Feststellung des Gehalts an suspendierten Stoffen und der Oxydabilität, auch noch auf den Gehalt an Chlor und Ammoniak und den Keimgehalt erstrecken. Die zuerst vorgenommenen Untersuchungen, die sich auf den Zeitraum vom 19. März bis 14. November 1901 verteilen und je 28 Einzeluntersuchungen des Wassers oberhalb und unterhalb der Stadt umfassten, zu denen die Proben bei Pegelständen zwischen + 1,79 und + 3,10 m entnommen wurden, hatten nur die Feststellung der Rückstände und der Oxydabilität zum Gegenstand. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind enthalten in der auf S. 106 u. 107 folgenden Tabelle.

Ein Unterschied in der Beschaffenheit des Rheinwassers oberhalb und unterhalb der Stadt ist danach im Durchschnitt der Untersuchungen nicht vorhanden. Nur beim Sauerstoffverbrauch der gelösten Stoffe zeigt sich im Durchschnitt der Einzeluntersuchungen eine Erhöhung von 0,21 mg im l, d. i. 3,8 % des durchschnittlichen Sauerstoffsverbrauchs oberhalb der Stadt.

Die fast gleiche Beschaffenheit des Rheinwassers oberhalb und unterhalb Düsseldorfs bezüglich des Gehaltes an suspendierten und gelösten Stoffen ist leicht erklärlich, wenn die Mengen der im Rheinwasser oberhalb Düsseldorfs bereits vorhandenen Stoffe in Vergleich gestellt werden mit der Menge der durch die städtischen Abwässer

dem Rhein zugeführten Stoffe. Beim mittleren Jahreswasserstand von + 2,75 m am Pegel führt der Rhein in der Sekunde 2000 cbm Wasser. Bei Zugrundelegung der oben angegebenen Zahlen des Durchschnittsgehaltes des Rheinwassers führt der Strom in der Sekunde also 2000 . 0,287 = 574 kg an gelösten und suspendierten Stoffen, 2000 . 0,240 = 480 kg an gelösten Stoffen an Düsseldorf vorbei. Das Kanalwasser enthält im Durchschnitt (s. o.) an gelösten und suspendierten Stoffen 928 mg im l, an gelösten Stoffen allein 734 mg im l. Die sekundliche Schmutzwassermenge zu 0,5 cbm angenommen, werden also durch die Kanalisation dem Rhein im Durchschnitt sekundlich zugeführt an gelösten und suspendierten Stoffen 0,464 kg, an gelösten Stoffen allein 0,367 kg. Die Vermehrung von 574 beziehungsweise 480 kg um 0,464 beziehungsweise 0,367 kg ist durch keine Untersuchung nachweisbar. Selbst beim kleinsten Wasserstande von + 0,60 m am Pegel beträgt die Menge der festen Stoffe, die der Rhein an Düsseldorf vorbeiführt, noch 189 beziehungsweise 158 kg in der Sekunde.

Die geringe Erhöhung des Sauerstoffsverbrauchs der gelösten Stoffe des Rheinwassers unterhalb der Stadt kann auf die Einführung der Schmutzwässer Düsseldorfs zurückgeführt werden. Die Düsseldorfer Abwässer zeigen nämlich im Gegensatz zu den Abwässern anderer Städte einen erheblichen Sauerstoffverbrauch; dieser beträgt nach dem Durchschnitt zahlreicher Einzeluntersuchungen

für die gelösten und suspendierten Stoffe 230 mg für das Liter
„ „ „ Stoffe allein 124 „ „ „ „ .

Nimmt man eine Wasserführung des Rheines von 1000 cbm in der Sekunde und den durchschnittlichen Sauerstoffverbrauch oberhalb der Stadt, wie vorhin angegeben, an, so erhöht sich der Sauerstoffverbrauch durch Aufnahme der Abwässer bei den gelösten und suspendierten Stoffen auf

$$\frac{1000 \, . \, 8{,}57 + 115}{1000{,}5} = 8{,}67, \text{ bei den gelösten auf } \frac{1000 \, . \, 5{,}51 + 62}{1000{,}5} =$$

5,57 im Liter, also um 0,10 mg im Liter für die Gesamtstoffe und 0,06 mg im Liter für die gelösten Stoffe.

Praktisch ist die Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs im Rheinwasser ohne Bedeutung, und der Gehalt des Rheinwassers an gelöstem Sauerstoffe wird bei weitem nicht in solchem Masse vermindert werden, dass eine Schädigung der Lebewesen im Fluss eintritt. Es ist dabei auch noch auf folgendes hinzuweisen. Der grosse Sauerstoffverbrauch

Laufende No.	Tag und Stunde der Entnahme	Pegelstand m	Rückstand an gelösten und suspendierten Stoffen — Milligramm — Gesamtrückstand oberhalb	Gesamtrückstand unterhalb	Glührückstand oberhalb	Glührückstand unterhalb	Glühverlust oberhalb	Glühverlust unterhalb
	1901							
1	29. März 9 Uhr V.M. oberhalb, 9 Uhr 15 M. V.M. unterhalb	+ 2.58	290	268	185	178	105	90
2	29. März 12 Uhr V.M. oberhalb, 12 Uhr 20 M. N.M. unterhalb	+ 2.55	265	256	166	160	99	96
3	29. März 3 Uhr N.M. oberhalb, 3 Uhr 50 M. N.M. unterhalb	+ 2.52	252	276	153	174	99	102
4	29. März 6 Uhr N.M. oberhalb, 6 Uhr 25 M. N.M. unterhalb	+ 2,49	260	248	174	165	86	83
5	4. Mai 9 Uhr V.M. oberhalb, 9 Uhr 20 M. V.M. unterhalb	+ 3,10	280	286	188	194	92	92
6	4. Mai 12 Uhr V.M. oberhalb, 12 Uhr 30 M. N.M. unterhalb	+ 3.08	252	294	175	198	77	96
7	4. Mai 3 Uhr N.M. oberhalb, 3 Uhr 45 M. N.M. unterhalb	+ 3.06	268	284	177	188	91	96
8	4. Mai 6 Uhr N.M. oberhalb, 6 Uhr 45 M. N.M. unterhalb	+ 3,05	280	276	180	184	100	92
9	18. Mai 9 u. 12 Uhr V.M. oberhalb, 9 Uhr 40 M. u. 12 Uhr 50 M. V.M. unterhalb	+ 2,17	296	286	186	174	110	112
10	18. Mai 3 u. 6 Uhr N.M. oberhalb, 3 Uhr 40 M. u. 6 Uhr 40 M. N.M. unterhalb	+ 2,14	272	274	174	174	98	100
11	1. Juni wie laufende No. 9	+ 1,83	280	292	170	182	110	110
12	desgl. wie laufende No. 10	+ 1,85	284	272	178	176	106	96
13	26. Juni wie laufende No. 9	+ 2.67	276	268	180	176	96	92
14	desgl. wie laufende No. 10	+ 2,64	272	268	188	176	84	92
15	11. Juli wie laufende No. 9	+ 2,66	304	278	202	182	102	96
16	desgl. wie laufende No. 10	+ 2.64	300	274	190	186	110	88
17	25. Juli wie laufende No. 9	+ 1.79	274	272	166	170	108	102
18	desgl. wie laufende No. 10	+ 1.79	272	272	172	170	100	102
19	7. August wie laufende No. 9	+ 2.87	360	352	240	238	120	114
20	desgl. wie laufende No. 10	+ 2.97	378	374	260	260	118	114
21	12. September wie laufende No. 9	+ 1.97	274	276	172	176	102	100
22	Desgl. wie laufende No. 10	+ 1,97	280	280	168	168	112	112
23	5. Oktober wie laufende No. 9	+ 2,20	282	288	182	172	100	116
24	desgl. wie laufende No. 10	+ 2,17	284	276	174	176	110	100
25	26. Oktober wie laufende No. 9	+ 2,65	286	270	178	176	108	94
26	desgl. wie laufende No. 10	+ 2,68	286	282	168	174	118	108
27	14. November wie laufende No. 9	+ 1.32	310	332	214	208	96	124
28	desgl. wie laufende No. 10	+ 1,35	310	312	218	188	92	124
	Durchschnitt		287	285	185	184	102	101
			Nur suspendierte Stoffe					
			47	45	39	36	8	9

Rückstand an gelösten Stoffen im Liter						Oxydabilität durch Sauerstoff im Liter						Bemerkungen
Gesamtrückstand		Glührückstand		Glühverlust		Gesamtstoffe		Suspendierte Stoffe		Gelöste Stoffe		
oberhalb	unterhalb	oberhalb	unterhalb	oberhalb	unterhalb	oberhalb	unterhalb	oberhalb	unterhalb	oberhalb	unterhalb	
240	228	144	148	96	80	9,50	8,95	2,36	0,95	7,14	8,00	
256	222	162	134	94	88	9,13	9,91	1,19	2,14	7,94	7,77	
234	229	143	151	91	78	8,65	8,73	0,96	1,11	7,69	7,62	
234	236	146	149	88	87	8,59	8,34	1,03	1,36	7,56	6,98	
166	240	109	144	57	96	7,68	6,81	2,77	1,58	4,91	5,23	
204	256	150	170	54	86	6,73	7,83	1,27	1,90	5,46	5,93	
174	254	102	152	72	102	6,89	6,73	1,58	1,58	5,31	5,15	
252	240	148	152	104	88	7,52	7,28	1,82	1,74	5,70	5,54	
222	182	134	106	88	76	9,74	9,05	3,11	2,03	6,63	7,02	Vom 18. Mai ab wurden die um 9 und 12 Uhr sowie die um 3 und 6 Uhr entnommenen Proben gemischt.
244	250	148	146	96	104	8,80	8,35	1,16	1,40	7,64	6,95	
242	230	146	134	96	96	10,12	8,00	3,74	2,23	6,38	5,77	
244	148	140	96	104	52	8,89	9,87	2,82	3,04	6,07	6,83	
240	240	156	148	84	92	9,11	6,40	1,96	1,68	7,15	4,72	
240	256	140	148	100	108	6,80	6,40	1,60	2,10	5,20	4,30	
242	224	140	144	102	80	8,63	13,35	3,11	1,92	5,52	11,43	
238	224	136	142	102	82	6,72	6,88	1,44	1,44	5,28	5,44	
236	226	136	146	100	80	7,55	7,46	2,27	2,27	5,28	5,19	
242	240	144	146	98	94	7,79	7,71	2,27	2,23	5,52	5,48	
252	248	164	160	88	88	14,75	9,82	7,88	2,53	6,87	7,29	
256	252	158	160	98	92	9,32	9,16	3,60	3,65	5,72	5,51	
246	242	144	138	102	104	7,66	9,35	1,11	2,47	6,55	6,88	
240	248	144	142	96	106	6,88	7,66	0,89	2,55	5,99	5,11	
252	256	152	154	100	102	7,99	8,22	7,59	6,15	0,40	2,07	
250	260	148	146	102	114	7,35	7,99	6,63	6,07	0,72	1,92	
244	244	138	150	106	94	9,11	8,15	7,59	7,20	1,52	0,95	
264	260	168	160	96	100	8,22	7,83	7,08	6,64	1,14	1,19	
290	282	182	190	108	92	10,06	10,12	3,14	3,20	6,92	6,92	
272	300	174	176	98	124	9,90	10,06	3,78	2,90	6,12	7,16	
240	240	146	148	94	92	8,57	8,44	3,06	2,72	5,51	5,72	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

des Düsseldorfer Kanalwassers wird nicht allein durch seinen Gehalt an oxydierbaren organischen Substanzen veranlasst, sondern auch durch den Gehalt des Wassers an Eisenoxydul, das wahrscheinlich in den Abwässern der zahlreichen Werke und, wie nachgewiesen, in dem aus einzelnen Privatbrunnen stammenden Wasser enthalten ist. Nach Herstellung des projektierten neuen Hauptsammelkanals (s. u.), der eine Länge von 3 km erhält, und dem kein eisenoxydulhaltiges Wasser zufliesst, wird die Oxydation des Eisenoxyduls und sein Niederschlag als Eisenoxyd im Kanal selbst und in der Reinigungsanlage erfolgen; die Zunahme im Sauerstoffverbrauch des Rheinwassers wird daher in Zukunft voraussichtlich nicht mehr eintreten.

Die auf Anregung des Herrn Geheimen Ober-Medizinal-Rates Dr. Schmidtmann seit dem 15. April eingeleiteten Untersuchungen, die sich auch auf den Gehalt des Rheinwassers an Chlor, Ammoniak und Bakterien erstrecken, sind bisher mit den an 13 Tagen entnommenen Proben angestellt worden. Die Entnahme der Proben erfolgte in denselben Querschnitten, in denen die früheren Proben entnommen wurden, und zwar in Entfernungen von 50, 100, 150, 200 und 250 m vom rechten Flussufer ab. Die Anzahl der Untersuchungen, die fortgesetzt werden, ist zu klein, um aus den Ergebnissen allgemein gültige Schlüsse zu ziehen; dies gilt insbesondere für den Keimgehalt, und zwar um so mehr, als die Probeentnahmen an den einzelnen Tagen nur je einmal erfolgten, während, um volle Sicherheit in der Beurteilung des Einflusses des Kanalwassers auf den Bakteriengehalt zu erhalten, die Probeentnahmen über den ganzen Tag verteilt werden müssen; in Zukunft soll dies für mehrere Tage geschehen. Es wird daher davon abgesehen, die Ergebnisse sämtlicher Untersuchungen mitzuteilen, und diese Mitteilung einer späteren Veröffentlichung, wenn die Untersuchungen einen gewissen Abschluss erreicht haben, vorbehalten; hier mögen nur die Durchschnittszahlen mitgeteilt werden.

Von den im ganzen je 65 Untersuchungen auf Keimgehalt mögen je 3 ausgeschaltet werden, bei denen oberhalb der Stadt 10710, 23100 und 56700 Keime im ccm gegenüber 1260, 4940 und 6980 unterhalb gefunden wurden. Der Durchschnittsgehalt des Wassers an Keimen im ccm ergibt sich dann wie folgt:

Vom rechten Ufer ab	50 m,	100 m,	150 m,	200 m,	250 m
oberhalb . . .	5234	6750	6910	5830	5043
unterhalb . . .	6245	7591	7975	7774	7033.

Digitized by Google

Unmittelbar nach dem Einfluss der Kanalwässer nimmt der Keimgehalt des Rheinwassers jedenfalls bedeutend zu; aus dem Ergebnisse der Untersuchungen wird man schliessen dürfen, dass durch die Selbstreinigungskraft des Stromes der oberhalb der Stadt festgestellte Keimgehalt bald wieder erreicht wird.

Der Chlorgehalt des Rheinwassers war oberhalb und unterhalb der Stadt stets gleich; er schwankt zwischen 12,43 und 17,75 mg im Liter und beträgt im Durchschnitt 15,02 mg im Liter.

Ammoniak wurde nur in 14 Fällen gefunden und zwar in folgenden Mengen (mg im Liter):

Vom rechten Ufer ab	50 m,			100 m,		
oberhalb	1,000	0,350	0,125	2,200	0	0
unterhalb . . .	0,800	0	0	0,700	0,250	0,125

Vom rechten Ufer ab	150 m,		200 m,			250 m
oberhalb	0	0	0	0,150	0	0,125
unterhalb . . .	0,250	0,125	0,550	0	0,125	0.

Die Mengen des gefundenen Ammoniaks liegen zum Teil nahe an der Grenze der überhaupt noch quantitativ nachzuweisenden Menge.

Der Durchschnittsgehalt des Wassers an suspendierten Stoffen (mg im Liter) wurde, wie folgt, ermittelt:

Vom rechten Ufer ab	50 m,	100 m,	150 m,	200 m,	250 m,
oberhalb	34,6	35,1	35,9	35,5	34,5
unterhalb . . .	32,6	30,4	31,8	35,3	38,8.

Der Sauerstoffverbrauch (mg im Liter):

Vom rechten Ufer ab	50 m,	100 m,	150 m,	200 m,	250 m,
oberhalb	6,23	6,45	6,32	6,00	6,23
unterhalb . . .	6,02	6,05	6,32	5,87	5,97.

Auch hierbei ist ein erheblicher Unterschied im Rheinwasser oberhalb und unterhalb Düsseldorfs an den einzelnen Punkten des Querschnittes nicht festzustellen. Die absoluten Zahlen weichen von den bei den früheren Untersuchungen gefundenen ab, wofür die Gründe bis jetzt nicht gefunden, vielleicht aber nur in den analytischen Fehlergrenzen zu suchen sind.

Es ist nicht ohne Interesse, die bei den Düsseldorfer Untersuchungen gefundenen Werte zu vergleichen mit denen, die Herr Regierungs- und Medizinalrat Salomon bei seinen Untersuchungen im Jahre 1899 auf der Strecke des Rheins zwischen Oberwesel und

Digitized by Google

Linz gefunden hat[1]). Der Gesamttrockenrückstand betrug bei den von Salomon auf einer Längsfahrt im Rhein entnommenen Proben im Mittel von 7 Untersuchungen 260 mg im Liter (Maximum 300, Minimum 240, Düsseldorf Durchschnitt 287), der Chlorgehalt im Mittel von 16 Untersuchungen 15,53 mg im Liter (Maximum 24,85, Minimum 10,65, Düsseldorf Durchschnitt 15,02). Der Verbrauch an Kaliumpermanganat im Mittel von ebenfalls 16 Untersuchungen 15,3 mg im Liter (Maximum 23,34, Minimum 12,3). Ein wesentlicher Unterschied des Rheinwassers zwischen den Strecken Oberkassel-Linz und bei Düsseldorf ist also chemisch nicht vorhanden, nur der Sauerstoffverbrauch ist bei Düsseldorf etwas grösser.

Als Ergebnis der Düsseldorfer Untersuchungen steht also unzweifelhaft fest, dass eine nachteilige Aenderung des Rheinwassers infolge Einführung der ungereinigten Abwässer Düsseldorfs nicht eintritt. Ueber die Bedeutung der Vermehrung der Bakterienzahl kann auf die Ergebnisse der Untersuchungen Kruse's und dessen Urteil hingewiesen werden, es erübrigt daher hier, auf diesen Punkt, dessen erschöpfende Behandlung den Hygienikern vom Fach zu überlassen ist und der den Verfassern fern liegt, weiter einzugehen. Flusswasser ist stets verdächtig, Krankheitskeime zu enthalten, und einer Benutzung des Flusswassers zu Zwecken der Wasserversorgung muss stets eine sorgfältige Reinigung und Filtrierung des Wassers vorhergehen; ohne Not wird heutzutage keine Stadt mehr zur Benutzung von Flusswasser zwecks Wasserversorgung sich entschliessen.

Ueber die Entnahmen der Proben und die Art der Untersuchung mögen noch, soweit im vorstehenden nicht darüber gesprochen ist, die folgenden Bemerkungen Platz finden:

Die Rheinwasserproben der ersten Untersuchungsreihe wurden oberhalb der Hafenmündung und unterhalb der Stadtgrenze an den im Plane angegebenen Stellen in Abständen von je 50 m und Tiefenunterschieden von 2,3 und 4 m entnommen, und zwar die der ersten Untersuchungsreihe um 9, 12, 3 und 6 Uhr, und um $9^1/_2$, $12^1/_2$, $3^1/_2$ und $6^1/_2$ Uhr, die der zweiten Untersuchungsreihe viermal um 4 Uhr Nachmittags und neunmal um 9 Uhr Vormittags. In der Mitte des Stromes vollzog sich die Probeentnahme bis zu einer Tiefe von 4 m.

---

1) Vierteljahresschrift f. gerichtl. Medizin und öffentliches Sanitätswesen. 3. Folge. XXI. Bd. Supplement-Heft. Berlin 1901. S. 56 und 57.

nach den beiden Ufern zu bis zu einer Tiefe von 3 und 2 m. Die Saugpumpen waren mit den Rohrleitungen der gewünschten Tiefen ausgestattet; infolge Benutzung eines Motorbootes war es möglich, die Pumpen trotz der starken Strömung auf einer Stelle arbeiten zu lassen.

Die Kanalwasserproben wurden jedesmal einen Tag hindurch stündlich entnommen durch Eintauchen der Flaschen in das fliessende Kanalwasser und nach entsprechender Durchmischung der vereinigten Einzelentnahmen untersucht.

Zur Bestimmung des Rückstandes der gelösten und suspendierten Stoffe einerseits und der gelösten Stoffe andererseits wurde je 1 Liter des Wassers direkt und nach dem Filtrieren eingedampft und bei 100° getrocknet. Durch Glühen ergibt sich aus den Trockenrückständen der Glühverlust und der Glührückstand. Die Höhe der Oxydabilität durch Sauerstoff wurde in je 100 ccm des Wassers mit 1 : 50 beziehungsweise 1 : 100 Normal-Kaliumpermanganatlösung in saurer Lösung, der gesamte und gelöste Stickstoff vor und nach dem Filtrieren in 1 Liter Wasser nach der Kjeldahl'schen Methode und der flüchtige Stickstoff (Ammoniakstickstoff) durch direkte Destillation von 1 Liter Wasser nach Zusatz von Natronlauge bestimmt. Beim Verschluss und Transport der Flaschen wurden die für die Untersuchung nötigen Vorsichtsmassregeln strenge beobachtet. Mit der Untersuchung wurde sofort nach Einlieferung der Proben begonnen.

Die Probeentnahme für die bakteriologische Untersuchung vollzog sich in der Weise, dass sterilisierte Literflaschen mit Rheinwasser gefüllt und die Schalen für die Feststellung der Keimzahl sofort ausgegossen wurden. Der Ammoniakgehalt im Rheinwasser wurde kolorimetrisch bestimmt.

Für die in Zukunft vorzunehmende Reinigung der Abwässer ist in der projektierten Reinigungsanlage eine Anordnung von maschinell zu reinigenden Rechen nach dem System Riensch in Aussicht genommen. Um einen Nachweis über den zu erzielenden Grad der Reinigung sowie über die an anderen Orten beobachtete Wirkung der Anlagen nach dem Riensch'schen System zu erhalten, wurde die Königliche Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin ersucht, die nach dem genannten System erbauten Anlagen zu prüfen und ein Gutachten über ihre Wirkung abzugeben. Die Anstalt kommt nach Prüfung der nach dem Riensch'schen System in Marburg und Torgau erbauten Apparate zu dem Urteil,

„dass es sich bei den Riensch'schen Apparaten in erster Linie um eine Methode handle, auf mechanischem Wege nur die suspendierten körperlichen Bestandteile bis zu einer gewissen Grösse aus dem Abwasser zu entfernen; mit diesem Herausschaffen der Schwimmstoffe sei aber mittelbar auch eine günstige Beeinflussung der gelösten Bestandteile des Abwassers verbunden, denn, wenn die suspendierten Bestandteile im Wasser verblieben, so gingen sie durch Zersetzungsvorgänge zum Teil in gelöste Form über, und es seien dann nach Einleitung in die Vorflut sanitäre Missstände viel eher zu erwarten, als wenn die körperlichen Dinge vor der Einleitung in die Vorflut aus dem Abwasser entfernt seien; diese Wirkung leuchte besonders ein, wenn man sich vergegenwärtige, dass unter diesen Stoffen, wie die Untersuchung in den beiden untersuchten Kläranlagen bestätigt habe, kompakte exkrementelle Stoffe eine wichtige Rolle spielen, denen sowohl wegen ihrer Fäulnisfähigkeit, als auch wegen der eventuell anhaftenden Krankheitserreger von gesundheitspolizeilichem Standpunkte besondere Bedeutung zukomme. Diese Wirkung der Rechen werde natürlich um so besser sein, je frischer die Kanalwässer in die Anlagen gelangen, sie werde um so mehr verringert, je mehr ein vorheriges Absetzen der exkrementellen Stoffe resp. eine Zertrümmerung und Auflösung derselben stattfinden könne." — „Was speziell die Verhältnisse in Düsseldorf angehe, so könnten keine Zweifel darüber bestehen, dass dort die Einführung der Riensch-schen Rechen zur Reinigung der Abwässer aus den angeführten Gründen eine entschiedene Verbesserung gegenüber dem jetzigen Zustande mit sich bringen, namentlich aber auch dann von wesentlichem Einfluss auf die Verbesserung der Kanalwässer sein würde, wenn der Anschluss der Spülaborte für das ganze Stadtgebiet zur Ausführung komme; wenngleich ein endgültiges Urteil darüber noch nicht abgegeben werden könne, ob der nach den bisherigen Beobachtungen anzunehmende Reinigungseffekt durch die Riensch'schen Rechen bei den Abwässern von Düsseldorf genüge, um eine missständige Beeinflussung der Vorflut mit Bestimmtheit auszuschliessen, so erscheine eine derartige Annahme in Anbetracht der sehr günstigen Vorflutverhältnisse doch berechtigt".

Die beiden Gutachten von Professor Proskauer und der Königlichen Prüfungsanstalt sind von allgemeinem Interesse, da sie die Anwendung der Grundsätze der Allgemeinen Ministerial-Verfügung vom 20. Februar 1901 auf einen besonderen Fall zeigen und den

auch in den genannten Grundsätzen erkennbaren Fortschritt wiederspiegeln, der sich in der Beurteilung der Flussverunreinigung durch städtische Abwässer und in der Erkenntnis dessen, was zur Verhütung von Flussverunreinigungen nötig ist, in den letzten Jahrzehnten vollzogen hat. War man früher der Ansicht, dass der Einführung von städtischen Abwässern in die Flüsse, insbesondere wenn sie menschliche Auswurfstoffe enthielten, unter allen Umständen eine sorgfältige Abscheidung auch der kleinsten schwebenden Teile, unter anderem sogar unter Zusatz von Chemikalien vorhergehen müsse, so ist man in der Jetztzeit auf Grund umfangreicher wissenschaftlicher Untersuchungen zu der Erkenntnis gelangt, dass unter günstigen Umständen die mechanische Entfernung der gröberen Sink- und Schwebestoffe ausreicht, um Missstände beim Vorfluter zu verhüten. Die von der Stadt Düsseldorf angeordneten Untersuchungen dürften die Richtigkeit dieses Standpunktes bestätigen.

Bemerkenswert ist noch, dass beide Gutachten grossen Wert darauf legen, dass die abzuscheidenden Stoffe in unzerkleinertem und unzersetztem Zustande in der Reinigungsanlage ankommen; dies dürfte indessen nicht nur für die abzuscheidenden Stoffe selbst, sondern auch für das Abwasser gelten, hinsichtlich seines Einflusses auf den Vorfluter. Es ist einleuchtend, dass in dem Vorfluter frische Abwässer weniger leicht Missstände erzeugen können, als bereits in Fäulnis übergegangene. In dieser Hinsicht ist es für Düsseldorf sehr wertvoll, dass die Abwässer durch einen Kanal mit natürlichem Gefälle zur Reinigungsanlage und in die Vorflut gelangen können und nicht durch Pumpen gehoben zu werden brauchen, womit eine Zertrümmerung der exkrementellen Stoffe und infolge davon auch eine Vermehrung der gelösten fäulnisfähigen Stoffe verbunden sein würde. Wie aus dem beiliegenden Plan ersichtlich, soll die Reinigungsanlage ihren Platz an der nördlichen Stadtgrenze erhalten, und ihre Höhenlage konnte so bestimmt werden, dass der neu herzustellende grosse Sammelkanal ein Gefälle von rund 1 : 3000 erhält, ein Gefälle, das bei der grossen Wassermenge für einen Hauptsammelkanal als ausreichend zu betrachten ist.

In den der mehrgenannten Ministerial-Verfügung beigegebenen Grundsätzen ist es unter 5 als wesentlich bezeichnet worden, dass die Schmutzwässer nicht am Ufer, und bei Wasserläufen nicht in stilles, sondern in strömendes Wasser eingeleitet werden. Um diese Forderung zu erfüllen, soll von dem Endpunkte des neuen Auslass-

Digitized by Google

kanals, der in der Korrektionslinie (Buhnenkopflinie) des Stromes mit einer Sohlenordinate von + 26,00 N.N., d. i. 1,19 m unter Sommerniedrigwasser liegt, ein eisernes Rohr von 1,20 m Durchmesser noch 54 m weit in den Strom hineingeführt werden. Von dieser Gesamtlänge liegen 23 m in der eigentlichen Fahrrinne des Stromes, und die Oberkante dieses Rohrteiles liegt 3,70 m unter Sommerniedrigwasser. Für gewöhnlich wird das gesamte Schmutzwasser durch das Rohr in den Rhein geleitet, der Auslasskanal wird durch eine schwere eiserne Klappe geschlossen, die sich erst öffnet, wenn infolge hohen Aufstauens im Kanal bei starken Regengüssen eine grosse Verdünnung des Schmutzwassers eingetreten ist.

Eine Beschreibung der sonstigen technischen Einzelheiten der neuen Anlagen wird demnächst an anderer Stelle gegeben werden.

Digitized by Google

5.

Gutachten der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, betreffend das Projekt der Wasserversorgung der Stadt Magdeburg aus dem Fiener Bruch.[1])

Berichterstatter:

Prof. Dr. **Carl Günther**, Vorsteher und Ingenieur **O. Smreker**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Anstalt.

(Mit einer Karte.)

In dem Schreiben des Magistrats Magdeburg vom 5. Juli 1902 — No. 1627/4 — wurde bei der Anstalt eine gutachtliche Aeusserung darüber beantragt, ob das im Fiener Bruch gefundene Grundwasser nach Menge und Beschaffenheit geeignet sei, die Grundlage für die Versorgung der Stadt Magdeburg mit einwandfreiem Wasser zu bilden, oder ob die Entnahme des Wassers aus einer Talsperre im Harz vorzuziehen sei. Ferner wurden für den Fall, dass die Grundwasserversorgung in erster Linie empfohlen werden sollte, Direktiven für die Ausführung eines Versuchsbrunnens bezw. Durchführung eines Pumpversuches gewünscht, um nachzuweisen, ob aus dem Fiener Bruch der dauernde Bezug von 60 000 cbm pro Tag gewährleistet werden könne.

Als Unterlagen waren dem Antrage beigefügt zwei Berichte des Baurats Thiem, welcher die hydrologischen Vorarbeiten ausgeführt hat (vom 12. Dez. 1900 und 31. Okt. 1901), ferner ein Bericht von Dr. Pfeiffer in Magdeburg über chemische, physikalische und bak-

1) Die Veröffentlichung des Gutachtens erfolgt mit Zustimmung des Magistrats der Stadt Magdeburg.

Digitized by Google

teriologische Untersuchungen des Wassers vom Fiener Bruch vom 25. Novbr. 1901.

Durch Schreiben vom 11. Juli 1902 — No. 1388 — erklärte sich die Anstalt bereit, das beantragte Gutachten zu erstatten; weiter teilte sie unter dem 26. Sept. 1902 — No. 2181 — mit, dass die vorgenannten Unterlagen zu diesem Zwecke nicht ausreichend seien, resp. erachtete es für notwendig, dieselben durch eine örtliche Besichtigung des in Frage kommenden Geländes zu ergänzen. Die letztere wurde dann nach Zustimmung des Magistrats am 10. Oktober 1902 durch die Berichterstatter in Begleitung des Herrn Stadtrat Klinghardt aus Magdeburg ausgeführt.

In einem ferneren Schreiben des Magistrats vom 3. Dez. 1902 — No. 777/10 — wurde die zur Begutachtung stehende Frage der Ergiebigkeit des Fiener Bruchs noch dahin erweitert, ob und welche Möglichkeiten vorliegen, die Ergiebigkeit des Terrains ohne Betrieb eines Versuchsbrunnens nachzuweisen.

Was die zur Erörterung gestellten Fragen angeht, so gliedert sich die Eingangs genannte erste Frage in zwei Teile, und zwar handelt es sich zunächst:

1. um die Feststellung der Menge und Eigenschaft des aus dem Fiener Bruch zu gewinnenden Grundwassers, und
2. um den Vergleich einer Wasserversorgungs-Anlage aus dem Fiener Bruch mit der Versorgung durch Anlage einer Talsperre im Harz.

Der Vergleich zwischen den beiden Möglichkeiten der Wasserversorgung soll als der weitgehendere zunächst behandelt werden:

Für den Vergleich verschiedener Möglichkeiten der Wasserversorgung einer Stadt sind — ausreichende Wassermengen in allen Fällen vorausgesetzt — die nachstehenden Gesichtspunkte massgebend:

a) Eigenschaft des Wassers;

b) Kosten der Anlage und des Betriebes.

Für die hier vorliegenden beiden Möglichkeiten der Wassergewinnung kann man bezüglich der Qualität des Wassers im allgemeinen sagen, dass es möglich ist, sowohl aus dem Fiener Bruch wie auch mittels einer Talsperre im Bodetale einwandfreies Wasser zu gewinnen. Während aber das Grundwasser bei richtiger Disposition der Fassungsanlage völlig einwandfrei dem Untergrund entnommen werden kann, wird man bei dem durch Talsperre gewonnenen Wasser, soweit

Digitized by Google

unsere Erfahrung heute reicht, wohl ausnahmslos zu einer weiteren Behandlung des Wassers greifen müssen, wenn dasselbe zu Genusszwecken Verwendung finden soll. Als solche kommen namentlich Sandfiltrationseinrichtungen oder — wie z. B. in Ronsdorf und Solingen — Rieselwiesen in Betracht. Die hygienische Beurteilung dieser Reinigungseinrichtungen ist noch nicht völlig geklärt; seitens der Anstalt sind aber — wie wir hier bemerken wollen — mit Unterstützung des „Vereins für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung" Schritte getan, um zu einer Klarstellung in dieser Beziehung zu gelangen.

Was den Vergleich von Grundwasser und Talsperrenwasser angeht, so soll auch auf die Temperatur des Wassers hingewiesen werden, die beim Grundwasser nahezu konstant bleibt, während dieselbe bei dem durch Talsperre gewonnenen Wasser den Jahreszeiten entsprechend grössere oder kleinere Schwankungen zeigt.

Von Belang ist ferner der Umstand, dass man sich beim Grundwasser vor Inangriffnahme der definitiven Anlage ein genaues Bild von den Eigenschaften des zu gewinnenden Wassers machen kann, während man in dieser Richtung bei Wasser aus Talsperren nur auf annäherungsweise Schätzungen angewiesen ist. Auch ist nicht zu verkennen, dass man bei Talsperrenwasser in vielen Fällen mit der Gefahr einer nachträglichen Beeinflussung des Wassers durch spätere Besiedelung der Umgebung etc. rechnen muss, während man es bei Grundwasser leichter in der Hand hat, dasselbe von vornherein vor späterer nachteiliger Beeinflussung zu schützen.

Auch die Frage der Veränderungen, denen das Talsperrenwasser bei seinem Aufenthalte in den Staubecken unterliegt, ist durchaus noch nicht abschliessend wissenschaftlich geklärt. Auch hier hat übrigens die Anstalt — ebenfalls mit Unterstützung des „Vereins für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung" — bereits Untersuchungen zur Klärung der Frage in Angriff genommen.

In dem vorliegenden Falle eignet sich das Grundwasser aus dem Fiener Bruch vermöge seiner chemischen Zusammensetzung hauptsächlich auch wegen seiner geringen Härte von 9—10° vorzüglich als Trink- und Brauchwasser, also für alle Zwecke einer städtischen Wasserversorgung, während in dieser Richtung Daten für das durch die Talsperre zu gewinnende Wasser nicht vorliegen. Nach den geologischen Verhältnissen darf jedoch erwartet werden, dass das durch Talsperre gewonnene Wasser in dieser Beziehung den zu stellenden Anforderungen auch entsprechen dürfte.

Digitized by Google

Die vorstehenden Darlegungen führen zu dem Schlusse, dass, sofern nur die Eigenschaften des Wassers in Betracht kommen, der Versorgung der Stadt Magdeburg mit Grundwasser aus dem Fiener Bruch gegenüber der Versorgung aus dem Bodetale der Vorzug zu geben wäre.

Der zweite Gesichtspunkt des Vergleiches der beiden Möglichkeiten bezieht sich auf die finanziellen Verhältnisse. Um diese beurteilen zu können, müssen sowohl die genauen Baukosten inkl. Grunderwerb wie die Betriebskosten für die beiden Anlagen ermittelt werden, und wird man dann in der Lage sein, den finanziellen Vergleich machen zu können. In dieser Richtung liegen nun in dem der Anstalt zugänglich gemachten Material keinerlei Daten vor, und es kann daher diesseits auf die finanzielle Beurteilung und deshalb auch auf die endgültige Beantwortung der Frage nicht eingegangen werden.

Zum speziellen Teil der Frage übergehend, ob das aus dem Fiener Bruch zu gewinnende Grundwasser nach Menge und Beschaffenheit für die Versorgung der Stadt Magdeburg geeignet erscheint, soll zunächst darauf hingewiesen werden, dass nach eingehendem Studium der gesamten von Herrn Baurat Thiem in umfassender Weise durchgeführten hydrologischen Untersuchungen der Umgebung von Magdeburg zweifelsohne der Schluss berechtigt ist, dass der Fiener Bruch und seine nächste Umgebung in hydrologischer Beziehung in erster Linie für die Gewinnung von Grundwasser in Betracht kommt, so dass an dieser Stelle auf die übrigen Möglichkeiten einer etwaigen Grundwassergewinnung nicht weiter eingegangen werden soll.

Was die Beschaffenheit des Wassers aus dem Fiener Bruch angeht, so liegen — z. T. in den Berichten des Baurats Thiem, z. T. in dem des Dr. Pfeiffer — eine Reihe von Untersuchungen vor. Für die Anstalt war bisher die Möglichkeit, auch ihrerseits das Wasser auf seine Beschaffenheit zu prüfen, nicht gegeben; zur Zeit der ausgeführten Ortsbesichtigung fehlte jede Möglichkeit der Probeentnahme. Wir können uns also bei der gegenwärtigen Begutachtung nur auf die in den uns zugestellten Unterlagen vorhandenen Prüfungsergebnisse stützen.

Was die Natur des Bodens angeht, aus dem das untersuchte Wasser stammt, so zeigt der Südrand des Fiener Bruchs nach den Aufstellungen des Baurats Thiem eine oberflächliche, in ihrer Mächtigkeit zwischen 0,25 und 2,5 m schwankende Torfschicht, unter der im allgemeinen in den oberen Partien sehr feiner und feiner, darunter

mittelfeiner und grober, teils grandiger Sand liegt. Derselbe wurde bis zu 40 m Tiefe nachgewiesen. An einzelnen Stellen fand sich (in Tiefen von 14 bis etwa 23 m unter Terrain beginnend) Ton. Der natürliche Grundwasserstand wurde im allgemeinen 1 m unter Flur angetroffen.

Nach den über die chemischen Prüfungen in den Unterlagen vorliegenden Ausweisen handelt es sich um ein Wasser, welches sich in chemischer Beziehung als weich resp. mittelhart (8—10 deutsche Grade) charakterisiert, Salpetersäure und salpetrige Säure nicht enthält, und dessen Sauerstoffverbrauch (Oxydierbarkeit, Gehalt an organischer Substanz) und Chlorgehalt den bei reinen Grundwässern im allgemeinen beobachteten Werten entspricht. Das Wasser des Südrandes des Bruches ist, aus grösseren Tiefen entnommen, im allgemeinen farblos; ein geringer Ammoniakgehalt, der in manchen der untersuchten Proben nachgewiesen wurde, dürfte auf die moorige Beschaffenheit der obersten Terrainschichten zurückzuführen sein und kann deshalb als hygienisch unbedenklich angesehen werden.

Von Bedeutung dagegen ist ein nicht unerheblicher Eisengehalt (nach den vorliegenden Analysen schwankend zwischen 0,2 und 6,9 mg im Liter, im Durchschnitt 1,7 mg), welcher in dem bei der Entnahme völlig klaren Wasser beim Stehen an der Luft zu Trübungen und Absetzen eines rostbraunen Niederschlages Veranlassung gibt. Dieser Eisengehalt macht das Wasser unappetitlich und für viele häusliche und technische Zwecke ungeeignet; es ist deshalb durchaus notwendig, die Einrichtung einer Enteisenungsanlage vorzusehen. Nach den vorliegenden Angaben über das Verhalten des Wassers nach der Entnahme ist es sehr wahrscheinlich, dass die Enteisenung keinerlei Schwierigkeiten machen wird. Welche Art der Enteisenung am zweckmässigsten in Frage kommt, wird wesentlich nach technischen Gesichtspunkten zu entscheiden sein.

Bezüglich der bakteriologischen Beschaffenheit des Wassers ist nach den bisher angestellten Untersuchungen ein abschliessendes Urteil noch nicht möglich. Die gefundenen Keimzahlen sind fast sämtlich höher, als sie bei reinen Grundwässern angetroffen zu werden pflegen; wie der Bericht von Dr. Pfeiffer aber selbst hervorhebt, waren nach Massgabe der vorhandenen Einrichtungen einwandsfreie bakteriologische Probenahmen überhaupt nicht möglich. Unter diesen Umständen muss das endgültige Urteil über die bakteriologische Be-

Digitized by Google

schaffenheit des Wassers späteren, unter einwandsfreien Bedingungen anzustellenden Prüfungen vorbehalten bleiben.

Dieselben würden bei dem Betriebe eines Versuchsbrunnens gewonnen werden müssen; und zwar würde bei diesem Betrieb darauf Rücksicht zu nehmen sein, dass sowohl hinsichtlich der Konstruktion des Versuchsbrunnens als auch hinsichtlich seiner Beanspruchung ähnliche Verhältnisse geschaffen werden, wie sie später bei definitiver Anlage zu erwarten sind. Der lokale Augenschein lässt keinen Zweifel darüber zu, dass es möglich sein wird, bei geeigneter Fassung des Grundwassers dasselbe in einwandsfreier Weise zu gewinnen, und dass die Möglichkeit vorhanden ist, das Grundwasser auch gegen jede spätere nachteilige Beeinflussung zu schützen.

Alles in allem lässt sich aus den bisher zu unserer Kenntnis gelangten Untersuchungen und Beobachtungen nichts ableiten, was dagegen spräche, dass sich aus dem Untergrunde des Fiener Bruches ein hygienisch völlig einwandsfreies Trinkwasser gewinnen lässt.

Betrachten wir jetzt die Frage der Quantität: Die Menge des aus irgend einem Versuchsfelde zu gewinnenden Wassers hängt im allgemeinen ab von dem zur Verfügung stehenden Profile, der Durchlässigkeit des Untergrundes und dem Gefälle des Grundwasserstromes.

Während die Fläche des Profils sowie das Gefälle des Grundwassers ohne weiteres durch Bohrungen und Aufnahmen des Grundwasserspiegels in Horizontal-Kurven bestimmt werden können, ist die Feststellung der Durchlässigkeit, die sich als Funktion des Verhältnisses der wirklich freien Durchflussmenge zum Gesamtprofil und der Korngrösse des Materials darstellt, nur auf indirektem Wege möglich.

Die zur Beurteilung der Durchlässigkeit erforderlichen Anhaltspunkte können nur durch Versuche gewonnen werden und werden um so zuverlässiger sein, in je grösserem Masse diese Versuche durchgeführt werden. In dem vorliegenden Falle ist für den Fiener Bruch das Profil der wasserführenden Schichten am südlichen Rande des Bruches in vollständig erschöpfender Weise durch Abbohrung eines längs der Südgrenze gelegten Profils festgestellt worden. (Vergl. die oben angegebenen Daten über die Beschaffenheit des Untergrundes.)

Zur Feststellung der Grundwasserbewegung sind eine Reihe von Bohrungen über den ganzen Fiener Bruch verteilt ausgeführt und diese Bohrungen auch auf das diluviale Gebiet am Südende des Fiener Bruches ausgedehnt worden.

Die Ergebnisse der Spiegelaufnahmen des Grundwasserstromes

Digitized by Google

sind auf Blatt 2 des Berichtes von Baurat Thiem niedergelegt, und liegt dieses Blatt 2 auch diesem Gutachten bei (vergl. die Karte).

Ist ein Grundwassergebiet in Horizontal-Kurven aufgenommen, so kann man in jedem einzelnen Punkte die Strömungsrichtung des Grundwassers als orthogonale Trajektorie auf die Horizontal-Kurve des Grundwassers konstruieren.

Auf Blatt 2 sind nun diesseits eine Reihe solcher Trajektorien rot eingezeichnet, und ergeben diese in dem ganzen westlichen und mittleren Teile des Versuchsfeldes eine regelmässige Bewegung des Grundwassers in fast genau südnördlicher Richtung. Im östlichen Teile des Versuchsfeldes zeigen die Trajektorien jedoch Erscheinungen, für welche man in den natürlichen Verhältnissen eine Erklärung nicht zu finden vermag. Beispielsweise zeigen die von der südlich von Zitz gelegenen Spiegelaufdeckung VII ausgehenden Trajektorien einen Abfall des Grundwassers nach allen Seiten, während von diesem Punkte ab bis zu den Bohrlöchern 43/44 sämtliche Trajektorien nach der zwischen Karow und Königsrode gelegenen Spiegelaufdeckung III gravitieren, so dass an diesem Punkte das gesamte Grundwasser aus dem südöstlichen Teile des Versuchsfeldes sich vereinigen müsste, was naturgemäss nicht der Fall sein kann.

Ferner sind nun auf Blatt 2 noch mit roten Kreisen und arabischen Ziffern mehrere Punkte gekennzeichnet, die grosse Unregelmässigkeiten in dem Verlaufe der Grundwasser-Horizontalen zeigen und zwar:

1. *Bei* Bohrloch-Paar 45/46 zeigen die Grundwasser-Kurven eine sehr starke Einschnürung, die der zwischen diesen beiden Punkten sich ergebenden Spiegeldifferenz entspricht.

Die Grundwasser-Cote beträgt:

bei Bohrloch	45	=	38,909
„ „	46	=	37,801
Differenz			1,108 m

Vergleicht man damit die rechts und links davon gelegenen Paare

	47	=	37,815
	48	=	37,741
Differenz			0,074 m und
	43	=	37,039
	44	=	36,958
Differenz			0,081 m,

so sieht man einen sehr erheblichen Unterschied, der umsomehr auffällt, als auch die sämtlichen übrigen Bohrloch-Paare in ihren gegenseitigen Unterschieden mit den beiden letztgenannten übereinstimmen.

2. Zwischen dem Bohrloch 18 und der Spiegelaufdeckung IV zeigt sich auf fast 2 km Länge ein ganz unmerklicher Höhenunterschied des Grundwassers, während von Bohrloch 18 ab ein plötzlicher Abfall des Grundwassers erfolgt.

3. In dem Tucheimer Grenzgraben ist östlich von Fienrode die Wasserspiegel-Cote mit 34,798 angegeben, an derselben Stelle, wo die Grundwasser-Horizontale 35,2 den Grenzbach schneidet; wäre das richtig, so müsste Grundwasser in den Bach eintreten und diese Erscheinung in der Gestalt der Grundwasser-Kurven zum Ausdruck kommen, was nicht der Fall ist.

4. Die in geringer Entfernung von einander liegenden Bohrlöcher 1, 2 und 3 zeigen folgende Coten des Grundwasserspiegels:

Bohrloch 1: 35,05
„ 2: 35,15
„ 3: 34,944.

Nun liegt Bohrloch 1 ziemlich auf gleicher Höhe wie Bohrloch 2 und ungefähr 600 m nördlicher als Bohrloch 3; da das Grundwasser auf dem ganzen Gebiete von Süden nach Norden strömt, so scheint es unmöglich, dass das nördlich gelegene Bohrloch einen höheren Grundwasserspiegel aufweist als das südliche.

Die hier aufgeführten Unregelmässigkeiten sind, was den Punkt 1 und den Punkt 4, vielleicht auch den Punkt 3 betrifft, wahrscheinlich auf Messungs- oder Nivellementsfehler zurückzuführen. Die Unregelmässigkeit der Kurven im südöstlichen Teile und das Verhalten bei Punkt 2 legen jedoch den Schluss nahe, dass die aufgedeckten Wasserspiegel nicht demselben Wasserstockwerk angehören, wie die erbohrten, da die übrigen Teile des Untersuchungsgebietes, wo nur erbohrte Grundwasserspiegel zur Konstruktion der Grundwasser-Horizontalen benutzt wurden, grosse Regelmässigkeit zeigen.

Was den Punkt 1, die Höhen-Cote von Bohrloch 45, anlangt, so scheint offenkundig ein Schreibfehler bei der Uebertragung der Coten vorzuliegen, indem sowohl in der Anlage D zum Originalbericht als auch auf dem Original von Blatt 2, das dem Originalbericht beiliegt, diese Cote mit 38,209 angegeben ist, so dass die Spiegeldifferenz für das Bohrloch-Paar 45/46 sich auf 0,408 m reduziert; aber

Digitized by Google

auch diese Differenz ist immerhin so erheblich, dass sie einer Aufklärung bedarf.

Um zu einem endgültigen Urteil über den Fiener Bruch in hydrologischer Beziehung zu gelangen, müssen die vorstehenden Unregelmässigkeiten aufgeklärt und eine zuverlässige Aufnahme in Grundwasser-Horizontalen durchgeführt werden; dabei wird man aber wohl auch die gegenseitigen Beziehungen zwischen den zahlreichen das Gebiet durchziehenden Bächen und Gräben mit dem umgebenden Grundwasser noch genauer feststellen müssen, als dies bisher geschehen, damit man von vornherein in die Lage gesetzt wird, den Einfluss einer beabsichtigten Entnahme auf diese oberflächlichen Wasserläufe beurteilen zu können.

Von grosser Wichtigkeit ist es ferner, das Verhalten des Grundwassers in den diluvialen Schichten am Südrande des Fiener Bruches etwas näher zu untersuchen, als dies bisher geschehen, und dürfte es sich zu diesem Zwecke empfehlen, zunächst die beiden auf Blatt 2 mit A und B bezeichneten Profile abzubohren. Die Bohrlöcher in diesen Profilen können zunächst zweckmässig für die erste Orientierung in Entfernungen von ca. 1 km niedergebracht und je nach dem Ausfall dieser Bohrungen dann Zwischenbohrungen entsprechend angeordnet werden. Empfehlen dürfte es sich, die Bohrungen in beiden Profilen korrespondierend anzulegen, da wohl angenommen werden darf, dass die im Fiener Bruch nachgewiesene Strömungsrichtung des Grundwassers sich auch auf diluviale Schichten erstreckt, wie dies auch teilweise aus den Aufschlüssen bei Tucheim hervorzugehen scheint.

Die Aufklärung der hydrologischen Verhältnisse der diluvialen Schichten des Südrandes wird voraussichtlich auch wertvolle Aufschlüsse über die Provenienz des Grundwassers, das, nach allem zu schliessen, doch unzweifelhaft den diluvialen Schichten entstammt, bringen, und ist diese Kenntnis erforderlich, um die Grundwasserfassungsanlage richtig disponieren zu können und um zu wissen, welche Massregeln man für einen etwaigen Schutz vor schädlicher Beeinflussung des Grundwassers zu treffen hat.

Zur Beurteilung der Ergiebigkeit des Versuchsfeldes hat Baurat Thiem folgenden Weg eingeschlagen:

Längs eines quer auf der Strömungsrichtung gelegten Profils sind eine Reihe von Bohrlöcher-Paaren getrieben worden, von denen je eins nahezu bis auf die undurchlässige Schicht, das andere jedoch nur zur Aufdeckung des Grundwasserspiegels abgeteuft wurde.

Digitized by Google

Aus den Differenzen in den Grundwasserspiegeln der beiden Bohrlöcher und deren Entfernung ist für jeden dieser Untersuchungspunkte das Gefälle in der Strömungsrichtung ermittelt worden; ferner ist jeweils die tiefere Bohrung als Rohrbrunnen behandelt und die Ergiebigkeit und Absenkung festgestellt worden.

Den Quotienten aus Ergiebigkeit durch Absenkung, also die Fördermenge pro Meter Absenkung, nennt Baurat Thiem die spezifische Ergiebigkeit. Baurat Thiem nimmt ferner an, dass die Ergiebigkeit eines Versuchsfeldes proportional dem Gefälle, der Durchflussfläche und der Durchlässigkeit oder deren Ausdruck, der spezifischen Ergiebigkeit, ist, berechnet aus den genannten drei Grössen das Produkt und vergleicht dann die so erhaltene Zahl mit der Zahl, die sich unter denselben Verhältnissen für ein anderes Versuchsfeld ergeben hat, dessen Ergiebigkeit aber inzwischen durch direkten Versuch bezw. Betrieb eines Wasserwerkes ermittelt ist.

Es soll diesseits nicht bezweifelt werden, dass diese Methode dem erfahrenen Hydrologen dazu dienen kann, auf bequemem und raschem Wege Anhaltspunkte für die Beurteilung der Ergiebigkeit eines Versuchsfeldes zu gewinnen. In dem vorliegenden Falle gibt ausserdem die Autorität der Persönlichkeit des Baurat Thiem ohne weiteres eine gewisse Gewähr für die Stichhaltigkeit der mit dem genannten Verfahren erzielten Resultate. Die Tatsache jedoch, dass bei der Anwendung der Methode gewisse Fehlerquellen schwer zu umgehen sind — Baurat Thiem bezeichnet die Methode ja selbst als „roh“ und betont, „dass eine strenge Kritik vieles daran aussetzen kann“ —, lässt es in dem gegenwärtigen Falle, wo die auf die Resultate zu basierenden Entschliessungen der Stadt von weittragender Bedeutung für die letztere sind, angezeigt erscheinen, neben der genannten Art der Bestimmung der Ergiebigkeit noch andere, sicherer und objektiver arbeitende anzuwenden, um auf diese Weise die von Baurat Thiem gewonnenen Resultate in objektiver Weise nachzuprüfen und so alle zur Zeit noch möglichen Bedenken zu beseitigen.

Ueber Methoden, welche in objektiver Weise die Ergiebigkeit feststellen, ist folgendes zu sagen: Man hat versucht, auf verschiedenem Wege die Geschwindigkeit des Grundwassers direkt zu messen und den freien Durchflussquerschnitt im Profil ebenfalls durch das Experiment zu bestimmen. Die dahin zielenden Methoden, wenn sie auch auf vollständig wissenschaftlichem Boden stehen, sind in der Durchführung jedoch mit soviel Schwierigkeiten und Zufälligkeiten verknüpft,

Digitized by Google

dass denselben bisher eine praktische Bedeutung nicht beigemessen werden kann.

Nach dem heutigen Stande der Hydrologie gibt es für die zuverlässige Ermittelung der Durchflussmenge eines Grundwasserstromes nur ein sicheres Mittel, das ist ein Pumpversuch im grossen Stile. Derselbe wird in der Weise durchgeführt, dass man einem Versuchsbrunnen, der möglichst genau die Verhältnisse der definitiven Brunnenanlage zeigt, durch längere Zeit im ununterbrochenen Betriebe ein gewisses Wasserquantum entnimmt, bis der Beharrungszustand, d. i. die Gleichgewichtslage zwischen Zufluss und Entnahme aus dem Brunnen, in absolut sicher erkennbarer Weise eingetreten ist. Während des Pumpversuches wird der Gang des Grundwassers in der näheren und weiteren Umgebung des Versuchsbrunnens beobachtet, und aus der Gestalt des abgesenkten Grundwasserspiegels im Beharrungszustande im Zusammenhang mit der Fördermenge werden dann in einwandsfreier Weise die Schlussfolgerungen auf die gesamte Durchflussmenge rechnerisch abgeleitet. Man kann selbstverständlich diese Schlussfolgerungen auf verschiedene Weise ziehen; die Grundlage wird aber immer die oben geschilderte bleiben.

Durch den Umstand, dass der Versuch im grossen Stile durchgeführt wird, werden die Beobachtungsfehler tunlichst eingeschränkt und wird es auch möglich sein, den eingetretenen Beharrungszustand mit Sicherheit zu erkennen, ein Faktor, auf den der grösste Wert zu legen ist. Ein fernerer Vorteil ergibt sich auch daraus, dass man aus den Ergebnissen eines solchen Pumpversuches unmittelbar die Direktiven für eine richtige Disposition der definitiven Wassergewinnung inbezug auf Zahl, Durchmesser und gegenseitige Entfernung der Brunnen ableiten kann, und dieser Umstand allein wird es bei grösseren Anlagen immer wünschenswert erscheinen lassen, einen Pumpversuch durchzuführen, ganz abgesehen davon, dass man sich auch über die Menge des zur Verfügung stehenden Grundwassers ein klares Bild machen soll.

Die hydrologischen Verhältnisse des Fiener Bruches lassen wohl die Annahme zu, dass grössere Grundwassermengen dort zu erschliessen sind; dagegen gestatten die Schätzungen, die sich auf die bisherigen Feststellungen gründen lassen, unseres Erachtens nicht, die Durchflussmenge in genügend sicherer Weise anzugeben; es erscheint deshalb nicht nur wünschenswert, sondern in Rücksicht auf den grossen Umfang des beabsichtigten Unternehmens notwendig, die Frage der Durch-

Digitized by Google

flussmenge durch einen eingehenden Pumpversuch zu erledigen. Die weitere Frage, ob der Pumpversuch an einer Stelle genügt, oder ob es notwendig wird, den Pumpversuch an zwei verschiedenen Stellen durchzuführen, sowie endlich die Entscheidung darüber, an welchen Punkten diese Pumpversuche durchzuführen sind, kann erst getroffen werden, wenn die Vorarbeiten in der bereits oben näher angegebenen Weise vervollständigt sein werden. Gleichzeitig mit dem Pumpversuch sind dann auch die endgültigen Untersuchungen über die Eigenschaften des Wassers in die Wege zu leiten, um auch nach dieser Richtung ein abschliessendes Bild über die Eignung des Fiener Bruches als Grundlage für die angestrebte Grundwasserversorgung der Stadt Magdeburg zu bilden.

Berlin, 9. Januar 1903.

6.

Versuche über die Reinigung der Abwässer von Tempelhof bei Berlin durch das biologische Verfahren.

Von

Dr. K. Thumm und Dr. A. Pritzkow,
Wissenschaftlichen Mitgliedern der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin.

(Mit Tabelle I und II.)

I. Einleitung.

Während in England[1]) und Amerika seit einer ganzen Reihe von Jahren sich die Auffassung Bahn gebrochen hat, dass es nicht nur möglich, sondern auch wirtschaftlich durchführbar ist, durch das sog. „biologische Verfahren" die verschiedenartigsten Abwässer sowohl häuslichen wie industriellen Ursprungs in befriedigender und hygienisch einwandsfreier Weise zu reinigen, bestehen in Deutschland gegenüber diesem Verfahren zur Zeit noch vielfache Bedenken, teils hinsichtlich des durch dasselbe zu erreichenden Reinheitsgrades, teils bezüglich dessen wirtschaftlich möglicher Durchführbarkeit.

Diese in Deutschland vielfach herrschenden, von den englischen Ansichten grundsätzlich verschiedenen Auffassungen erklären sich durch mancherlei Beobachtungen und Erfahrungen, welche an deutschen, nach

1) Ueber die Ausdehnung, welche das biologische Verfahren in England gefunden hat, gibt Clowes in seinem vierten Berichte „Bacterial Treatment of Crude Sewage" eine gute tabellarische Zusammenstellung. (London County Council 1902. Jas. Truscott and Son, Ltd., Printers, Suffolk Lane, Cannon Street E. C.)

Digitized by Google

dem genannten System hergerichteten Anlagen gemacht worden sind. So sah man an diesen Anlagen, dass im allgemeinen nur die kleineren Betriebe und zwar solche in Krankenhäusern, Asylen etc., ferner einige Versuchsanlagen zufriedenstellende Kläreffekte ergaben, dass aber meistens Misserfolge zu verzeichnen waren, sobald einigermassen grössere biologische Anlagen in Frage kamen. Da nun in den zuletzt erwähnten grösseren Anlagen meist auch konzentrierte, aus Trennsystemen stammende Schmutzwässer zu verarbeiten waren, so lag die Annahme nahe, die ungenügenden Kläreffekte teils auf den umfangreicheren Betrieb derselben, teils auf die hohe Konzentration der zu reinigenden Abwässer zurückzuführen und die günstigen in England und Amerika[1]) sowie auch an einigen Orten Deutschlands erzielten Resultate durch einen geringeren Schmutzgehalt der behandelten Wässer zu erklären.

Bei diesen über die Leistungsfähigkeit des biologischen Verfahrens vor 2 Jahren noch mehr als heute verbreiteten verschiedenartigen Auffassungen betrachtete die Kgl. Prüfungsanstalt nach ihrer Begründung im April 1901 es gemäss ihrer Geschäftsanweisung als ihre Pflicht, diesen Fragen näherzutreten und zu ihrer Klärung Untersuchungen mit den verschiedenartigsten sowohl konzentrierteren, wie weniger konzentrierten Wässern in systematischer Weise und nach einheitlichen Gesichtspunkten anzustellen, wozu Berlin mit seinen Vororten und den daselbst sich findenden zahlreichen getrennten Kanalisationssystemen mit ihren im Einzelfalle recht verschiedenen Schmutzwässern günstige Gelegenheit bot.

Solche vergleichenden Prüfungen wurden an den Berliner und Charlottenburger — hier sowohl auf der Pumpstation in Westend, als auf dem Rieselgut Karolinenhöhe bei Gatow — sowie an dem Tempelhofer und Reinickendorfer Abwasser vorgenommen, wobei Ergebnisse erzielt wurden, über welche teilweise schon in dem ersten Hefte dieser „Mitteilungen“ von Thumm[2]) berichtet ist, und welche es möglich machten, gewisse allgemeine, für die Herstellung und den Betrieb biologischer Anlagen zu beachtenden Gesichtspunkte aufzustellen. Ein Teil dieser nicht unwichtigen Prüfungsergebnisse konnte

1) Bekanntlich ist der Wasserverbrauch in diesen Ländern meistens ein viel höherer als in Deutschland, weshalb man dort im allgemeinen mit dünneren Schmutzwässern zu rechnen hat.

2) Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt u. s. w. Heft 1. 1902. S. 86.

Digitized by Google

naturgemäss bei diesen allgemeinen Darlegungen keine erschöpfende Behandlung finden und soll, soweit die Versuche in Tempelhof[1] in Frage kommen, im nachfolgenden ausführlicher besprochen werden.

Dieser Ort war zur Anstellung unserer Versuche aus dem Grunde gewählt worden, weil hier für die Reinigung der Abwässer bereits eine biologische Kläranlage bestand, deren Kläreffekte, soweit sie die biologischen Körper betrafen, wenig befriedigten, und die man fast allgemein nicht auf etwaige fehlerhafte Einrichtungen der Anlage, sondern lediglich auf die hohe Konzentration der daselbst verarbeiteten Schmutzwässer zurückführte.

Bevor wir nun auf unsere Versuche und die hierbei erlangten Ergebnisse näher eingehen, seien folgende, die allgemeinen Verhältnisse betreffenden Angaben, deren Kenntnis wir den liebenswürdigen Mitteilungen des Gemeinde-Baumeisters von Tempelhof, Herrn Maske, zu verdanken haben, vorausgeschickt:

Die im Süden von Berlin gelegene Gemeinde Tempelhof zählt zur Zeit etwa 7000 Seelen. Der Ort wird von der Aktien-Gesellschaft Charlottenburger Wasserwerke mit Grundwasser versorgt, und der Wasserverbrauch betrug im Jahre 1901 60 Liter pro Kopf und Tag[2]. Die Kanalisation ist nach dem Trennsystem eingerichtet, und zwar fliessen die nur aus Hauswässern bestehenden Schmutzwässer mit natürlichem Gefälle verschiedenen, über den Gemeindebezirk verteilten Ejektorstationen zu, von denen sie mittels Druckluft nach dem Shone'schen System nach der in unmittelbarer Nachbarschaft des an dem Rixdorfer Weg gelegenen Gemeinde-Friedhofs befindlichen, etwa 2 km vom Mittelpunkt Tempelhofs entfernten Klärstation befördert werden.

Die zwischen 280 und 380 cbm schwankende, im Durchschnitt etwa 320 cbm betragende tägliche Abwassermenge, welche in der Zeit von morgens 5 bis abends 9 Uhr der Reinigungsanlage zugeführt wird, gelangt aus den Druckrohren zunächst in einen Faulraum, der aus 3 hintereinander geschalteten, mit ihren Längsseiten aneinander anliegenden, gleich grossen, mit Bohlen überdeckten Abteilungen besteht

1) Ueber die Versuche auf der Pumpstation in Westend siehe den folgenden Bericht.

2) Nach einer gütigen, von Herrn Direktor Wellmann, Charlottenburg, unter dem 13. Oktober 1902 gemachten Mitteilung.

Digitized by Google

und einen Gesamtfassungsraum von 300 cbm besitzt. Das Abwasser durchfliesst nacheinander diese drei Abteilungen und gelangt alsdann auf ein in zwei Abteilungen angelegtes Vorfilter und von diesem auf ein gleichfalls zweigeteiltes Nachfilter.

Vor- und Nachfilter waren ursprünglich bei Inbetriebsetzung der Tempelhofer Anlage mit verschiedenartigen Materialien von wechselnder Korngrösse beschickt; zur Zeit unserer Versuche war jedoch sowohl das Material aus dem Vor- wie auch aus dem Nachfilter entfernt worden, und das Abwasser floss aus dem Faulraum ohne Aufenthalt durch das Vorfilter hindurch und sammelte sich in dem Nachfilter. Aus diesem letzteren, während unserer Versuchsperiode also lediglich als Sedimentierbecken dienenden Nachfilter, gelangte das Wasser in eine schmale, längs der Breitseite der Oxydationskörper befindliche Rinne und von hier durch mit Klappen verschliessbare Auslauföffnungen auf die Filterkörper.

Die Tempelhofer Anlage besitzt 4 gleich grosse, insgesamt 1000 cbm nicht gesiebte[1]) Koksasche[2]) enthaltende offene Oxydationskörper, die im Wechselbetrieb mit dem wie eben geschildert vorbehandelten Abwasser beschickt werden. Die Regulierung des Zuflusses erfolgt durch Oeffnen und Schliessen der oben erwähnten, an dem Verteilungskanal angeordneten Klappen, und die gleichmässige Verteilung des Abwassers über das Filtermaterial geschieht durch hölzerne, etwa $1/2$ m über dem Material liegende, seitlich gekerbte Rinnen. Die aus den biologischen Körpern abfliessenden Abwässer unterliegen dann noch einer Nachbehandlung auf einem vornehmlich dem Gemüsebau dienenden Rieselfelde, dessen Drainrohre in einen kleinen, auf dem Gelände selbst befindlichen Teich einmünden, woselbst das gereinigte Wasser teils verdunsten, teils in den Untergrund versickern soll. Für grössere Wasseransammlungen diente ein in geringer Entfernung von dem ersten Teich liegender Reserveteich, nach welchem bei Bedarf ein etwaiger Wasserüberschuss übergepumpt werden konnte.

1) Von uns ausgeführte Korngrösse-Bestimmungen ergaben, dass mehr als die Hälfte des Materials eine Korngrösse von mehr als 10 mm und über 70 % des Materials eine solche über 7 mm besass.

2) Die Koksasche war von der städtischen Gasanstalt Berlin, Gitschinerstr., zum Preise von 2,50 M. pro cbm loco Gasanstalt bezogen; früher war anderes Material, was sich aber nicht bewährt hatte, zum Aufbau der biologischen Körper verwandt worden.

Digitized by Google

Die Wirkung der 4 Filterbecken war während unserer Beobachtungszeit eine nur wenig befriedigende, während der durch die Nachbehandlung auf dem Rieselfeld erreichte Effekt im allgemeinen als gut bezeichnet werden konnte. Das aus den Oxydationskörpern abfliessende Abwasser roch nämlich fast stets stark faulig, mitunter auch deutlich nach Schwefelwasserstoff und zeigte in seiner äusseren Beschaffenheit fast das gleiche Aussehen, wie das Abwasser vor seiner Behandlung durch die biologischen Körper, d. h. wie das aus dem Faulraume ausfliessende Rohwasser. Das Rieselwasser dagegen war entweder klar oder nur schwach getrübt, zeigte keinen oder nur schwachen, meistens moorigen Geruch und faulte in keinem von uns beobachteten Falle nach.

Da die Annahme einer genügend raschen Versickerung der geklärten Abwässer in den Teichen sich bald als trügerisch erwies, und bei dem Mangel einer anderweitigen geeigneten Vorflut sich mit der Zeit Schwierigkeiten hinsichtlich einer einwandsfreien Ableitung der gereinigten Abwässer einstellten, so trat die Gemeinde-Vertretung von Tempelhof mit der Stadt Berlin in Unterhandlungen ein über die eventuelle Einleitung ihrer Abwässer in die Berliner Kanalisation. Im Juli 1900 wurde ein dementsprechender Vertrag abgeschlossen und im Juli 1902 der Anschluss des Tempelhofer Kanalnetzes an die Berliner Kanalisation mit einem Kostenaufwande von rd. 140000 M. bewirkt. Die Kläranlage ist seit dieser Zeit ausser Betrieb, ist aber vorläufig erhalten geblieben, um im Falle etwaiger Betriebsstörungen in der Berliner Kanalisation, die ein Einleiten der Tempelhofer Abwässer in das Berliner Druckrohr zeitweise unmöglich machen könnten, als Notstation zu dienen.

Wie aus diesen über die allgemeinen Verhältnisse gemachten Angaben hervorgeht, war schon fast 1 Jahr vor Beginn unserer Versuche der Anschluss der Tempelhofer an die Berliner Kanalisation und die Aufgabe der Tempelhofer Kläranlage beschlossene Sache. Trotz dieses Umstandes wurde Tempelhof für die Anstellung unserer Versuche gewählt, da, wie schon weiter oben näher erwähnt, die dortige Kläranlage oft als Beispiel dafür angeführt wird, dass das biologische Verfahren bei einer hohen Konzentration der zu behandelnden Schmutzwässer in seiner Wirkung versagt, und da eine Klärung dieser Verhältnisse im allgemeinen Interesse deshalb wichtig schien.

II. Angaben über die Versuchsanlage und die Art der Versuchsanstellung.

Wie an anderer Stelle[1] schon von uns betont wurde, empfiehlt es sich, bezw. ist es vor Schaffung einer definitiven Anlage in sehr vielen Fällen unerlässlich, an einer Versuchsanlage die im Einzelfalle zweckmässigste und wirtschaftlich vorteilhafteste Art der biologischen Klärung zu ermitteln.

Die Gesichtspunkte, nach denen im einzelnen Falle die Herrichtung einer derartigen Versuchsanlage zu erfolgen hat, werden ebenso, wie bei Schaffung einer definitiven Anlage naturgemäss in weitgehendster Weise durch die jeweils bestehenden örtlichen Verhältnisse beeinflusst; im allgemeinen muss aber jede Versuchsanlage derartig eingerichtet sein, dass in ihr sowohl die zweckmässigste Art der Vorbehandlung der Schmutzwässer vor ihrer Einleitung in die biologischen Körper — also ob Faulverfahren oder Oxydationsverfahren zweckmässiger —, wie auch der empfehlenswerteste Aufbau der Oxydationskörper — Art und Korngrösse des verwendeten Körpermaterials —, sowie der vorteilhafteste Betriebsmodus der biologischen Körper — ob Kontaktverfahren oder kontinuierliches Verfahren — in systematischer Weise geprüft werden kann.

Bei Herrichtung unserer Versuchskörper in Tempelhof wurde eingehend geprüft, in wie weit diese einzelnen Punkte in dem vorliegenden Falle Berücksichtigung zu finden hatten; infolge des Umstandes aber, dass es sich nur darum handelte, die Ursache der wenig befriedigenden Wirkung der Tempelhofer Filterkörper zu ermitteln, d. h. festzustellen, ob konzentriertes, durch einen Faulraum vorbehandeltes Schmutzwasser in der Tat durch Kontaktkörper nicht gereinigt werden könne, beschränkten wir uns unter tunlichster Anlehnung an die in Tempelhof bestehenden Verhältnisse einzig und allein auf die Prüfung des Kontaktverfahrens unter Verwendung des aus dem Faulraume ausfliessenden stark vorgefaulten Abwassers.

Als Füllmaterial für unsere biologischen Körper diente das zu den Tempelhofer Oxydationsbecken benutzte Material, die Koksasche.

Aus äusseren Gründen waren wir nicht in der Lage, unsere Versuche an grösseren Körpern anzustellen; wir mussten uns auf ein-

1) Thumm, l. c. S. 104.

Digitized by Google

fache Petroleumfässer, die etwa 800 mm hoch waren, einen mittleren Durchmesser — an der weitesten Stelle gemessen — von 600 mm besassen und etwa 150 Liter fassten, beschränken.

Diese Fässer, im ganzen 5, wurden nach Entfernung des einen Bodens, zwecks gründlicher Reinigung, zunächst ausgebrannt, dann mit Wasser und Bürste sorgfältig gescheuert. Sie wurden darauf in verschiedenen Höhenlagen so aufgestellt, dass 3 der Fässer zur Prüfung des doppelten biologischen Verfahrens mit anschliessender Sandbehandlung und die beiden übrigen zur Prüfung des einfachen Verfahrens gleichfalls mit Sandnachbehandlung Verwendung finden konnten. Die Anordnung der in der Folge mit I, II und III bezeichneten 3 ersten Fässer, sowie der beiden letzteren mit IV und V bezeichneten Fässer war also eine derartige, dass das in I eingebrachte Schmutzwasser auf Fass II und III, und das in IV eingebrachte Rohwasser auf Fass V aufgeleitet werden konnte.

Jedes Fass war an der Unterkante mit einem Ablasshahn versehen, und eine schwach geneigte Stellung der Fässer sicherte ihre vollständige Entleerung. Um eine Ueberstauung des Materials zu vermeiden, war bei den Fässern I, II und IV in entsprechender Höhe ein Ueberlauf angebracht.

Als Körpermaterial für die primären Oxydationskörper I und IV und den sekundären Versuchskörper II fand, wie bereits erwähnt, die in den Tempelhofer biologischen Körpern sich findende Koksasche nach entsprechender Siebung Verwendung: Eine möglichst sorgfältig entnommene Durchschnittsprobe dieses Materials wurde zunächst durch Abspülen mit reinem Wasser (Grundwasser) von der Hauptmenge des anhaftenden, sehr reichlichen schwärzlichen, stark modrig riechenden Schlammes befreit, dann durch ein Sieb von 8 mm Maschenweite in grobes und feines Material getrennt.

Für die Sandnachbehandlung der Koksabflüsse wurde ein Sand benutzt, aus dem zunächst durch Sieben das über 3 mm grosse Material entfernt wurde, und der dann noch durch häufiges Waschen und Abspülen mit reinem Wasser von den in ihm enthaltenen Tonteilchen fast vollständig befreit war.

Bei der Bemessung der in jedem einzelnen Falle Verwendung findenden Materialmenge wurde von dem Gesichtspunkte ausgegangen, dass die aus einem Körper abfliessenden Abwässer nicht nur bequem zur Füllung des nachgeschalteten Körpers ausreichen mussten, sondern dass auch noch ein gewisser Ueberschuss von dem Ablauf vorhanden

war, der für die Zwecke der Analyse und der sonstigen zur Beurteilung der Abflüsse erforderlichen Feststellungen genügte.

Der Aufbau der einzelnen Versuchskörper war demnach folgender:

Fass I wurde mit 120 Liter grober Koksasche — Korngrösse über 8 mm — beschickt, die nach der vorgenommenen Analyse des Materials sich aus folgenden Korngrössen zusammensetzte:

von 10—25 mm 81 %
von 8—10 mm 9 %
unter 8 mm 10 %.

Fass II und IV erhielten eine Füllung von je 100 Liter feiner Koksasche — unter 8 mm —, die mit der Vorsicht in die Fässer eingebracht wurde, dass vor die Auslauföffnung zunächst etwa 1 Liter grobes Material vorgeschichtet wurde, um ein Einschwemmen von feinem Material in den Abflusshahn zu verhüten.

Das feine Koksaschenmaterial setzte sich aus folgenden Korngrössen zusammen:

über 8 mm 8 %
von 4—8 mm 36 %
unter 4 mm 56 %.

Fass III und V dienten zum Aufbau der Sandoxydationskörper, und zwar wurden in jedes Fass unter Anwendung der eben geschilderten Vorsichtsmassregel (Vermeidung des Einschwemmens von Sand in die Ablaufleitung), wozu in diesem Falle grober Kies benutzt wurde, 70 Liter des wie oben vorbehandelten Sandes eingebracht. Eine Korngrössebestimmung dieses Sandes ergab folgende Werte:

von 2—4 mm 7 %
von 1—2 mm 44 %
unter 1 mm 49 %.

Bei der Bedeutung des Eisengehaltes[1] für den jeweils zu erreichenden Reinigungseffekt[2] wurde in den verwendeten Materialien das Eisen quantitativ ermittelt und dasselbe für die grobe Koksasche zu 9.4 %, für die feine Koksasche zu 19,6 % und für den Sand zu 0,93 % — sämtliche Werte auf Fe_2O_3 berechnet — bestimmt.

Der Betrieb der Versuchsanlage begann am 24. Mai 1901 und

1) Vergl. u. a. Thumm, l. c. S. 96.

2) Unter „Reinigungseffekt“ haben wir in nachstehendem die Abnahme der gelösten organischen Verbindungen verstanden.

Digitized by Google

wurde mit unerheblichen Unterbrechungen — Sonntags wurden die Körper z. B. nicht gefüllt — bis zum 8. November desselben Jahres fortgesetzt. Jeder Versuchskörper wurde während dieser Zeit 145 mal beschickt und zwar, von der letzten Betriebswoche abgesehen, 1 mal täglich.

Da eine vergleichsweise Prüfung des einfachen und doppelten biologischen Verfahrens beabsichtigt war, so war die Zeitdauer des Vollstehens im primären und sekundären Körper (Fass I und II) zusammen die gleiche, wie die in dem direkt mit Abwasser beschickten einfachen biologischen Körper (Fass IV) und zwar anfänglich 4 Stunden — Fass I und II je 2 Stunden —, später aber nur noch 3 Stunden — Fass I 1 und Fass II 2 Stunden —. In den beiden Sandkörpern — Fass III und V — hielt sich das Wasser stets eine gleiche Zeit lang auf, zu Anfang $^1/_2$ Stunde, gegen Schluss der Versuche nur noch wenige Minuten.

Bei Besprechung der einzelnen Versuche kommen wir auf diese Punkte noch näher zurück.

Die Aufnahmefähigkeit der einzelnen Körper wurde etwa wöchentlich ermittelt und ebenso oft auch der durch die einzelnen Körper erzielte Kläreffekt. Die Probenahme erfolgte stets an einem regenfreien Tage bezw. nach einer regenfreien Nacht[1]) und zwar in der Weise, dass während des Leerlaufens der Kokskörper in regelmässigen Zeitintervallen kleinere, einander gleiche Mengen Wasser geschöpft und in ein grösseres Sammelgefäss übergeführt wurden, aus welchem dann nach gehöriger Durchmischung die für die Analyse bestimmte Probe entnommen wurde. Die Sandabflüsse wurden direkt in einem geeigneten Gefäss aufgefangen und aus dem Gesamtabfluss das Analysenmuster gezogen.

Da die entnommenen Proben, soweit als erforderlich, sofort nach der Entnahme untersucht, alle übrigen an Ort und Stelle nicht ausführbaren Bestimmungen aber im Laboratorium noch an demselben Tage teils zu Ende geführt, teils soweit vorbereitet wurden, dass Zersetzungen irgend welcher Art ausgeschlossen waren, so dürfen die erlangten Ergebnisse nach jeder Richtung hin als zuverlässig gelten.

---

1) Da die Körper im Freien ohne Bedachung aufgestellt waren, so wurde die während des Leerstehens gebildete Salpetersäure durch niedergehenden Regen ziemlich weitgehend ausgewaschen. Eine unter solchen Verhältnissen vorgenommene Probeentnahme hätte in Bezug auf die Beschaffenheit der Abflüsse ganz anormale Resultate ergeben.

Bezüglich der bei den physikalischen und chemischen Untersuchungen von uns eingehaltenen Methoden sei noch mitgeteilt, dass wir im allgemeinen mit geringen Abweichungen nach den im Hamburger hygienischen Institute gebräuchlichen Verfahren gearbeitet haben, die kürzlich von Farnsteiner, Buttenberg und Korn[1]) veröffentlicht worden sind. Zur Ermittelung des Keimgehaltes hielten wir uns an die seitens des Kaiserlichen Gesundheitsamtes gegebenen Vorschriften[2]). Als Nährboden wurde die dort angegebene Fleischextrakt-Gelatine benutzt; die Bebrütung der Platten erfolgte bei 22° C., und das Zählen der Kolonien wurde nach 48 Stunden mit Hülfe einer Lupe vorgenommen. Zur Ermittelung der einzelnen Bakterienarten wurden die Platten selbstverständlich entsprechend längere Zeit aufbewahrt.

Nach Beendigung des Betriebes unserer Versuchsanlage im November 1901 wurde behufs Ermittelung der während der Dauer unserer Versuche in den einzelnen Körpern angesammelten Schlammmassen eine Entschlammung der einzelnen Materialien vorgenommen. Zu dem Zwecke wurde das Material dreimal mit der gleichen Menge reinen Wassers gründlich durchgerührt und sofort, ohne dem abgespülten Schlamm Gelegenheit zur Sedimentation zu geben, auf ein Sieb von entsprechender Maschenweite aufgegossen. Der nach zwölfstündigem Stehen abgesetzte „sedimentierte Schlamm" wurde gemessen, dann auf ein Faltenfilter aufgegeben und nach 24 stündigem Abtropfen die Menge des abgeflossenen Wassers bestimmt. Der so erhaltene „drainierte Schlamm" wurde dann nach den für derartige Untersuchungen üblichen Methoden analysiert.

Ausser der chemischen und bakteriologischen Prüfung des Abwassers und der Versuchskörper wurden entsprechende botanisch-zoologische Untersuchungen vorgenommen, deren Ergebnisse, soweit als notwendig, im nachstehenden Verwendung finden, im übrigen aber an anderer Stelle besprochen werden sollen.

III. Beschaffenheit des für die Versuche verwendeten Abwassers.

Wie vorstehend des näheren ausgeführt ist, wurde das aus dem Faulraume der Tempelhofer Anlage ausfliessende Abwasser

1) Leitfaden für die chemische Untersuchung von Abwasser von Dr. K. Farnsteiner, Dr. P. Buttenberg, Dr. O. Korn. München und Berlin. Druck und Verlag von R. Oldenbourg. 1902.

2) Veröffentlichungen des Kaiserl. Gesundheitsamtes. 1899. S. 108.

zur Füllung unserer Versuchskörper I und IV benutzt. Die Entnahme erfolgte jeweils aus den etwa $^1/_2$ m über dem Füllmaterial der Tempelhofer biologischen Körper liegenden hölzernen Verteilungsrinnen, also hinter dem sogenannten Nachfilterbecken.

Dieses von uns auf seine Reinigungsmöglichkeit durch das biologische Verfahren geprüfte Abwasser, nachstehend kurz als „Rohwasser" bezeichnet, zeigte in den meisten Fällen das Aussehen von Abflüssen, wie sie bei gut eingearbeiteten Faulräumen beobachtet werden: Es war sehr stark trübe, von meist schmutzig-schwärzlicher Farbe, von stark fäkalartig fauligem und intensivem Schwefelwasserstoffgeruch und besass eine Durchsichtigkeit, welche zwischen 1.2 und 1.7 cm schwankte und im Mittel 1.4 cm betrug.

Der Schwefelwasserstoffgehalt dieser Wässer bewegte sich in den Grenzen von 11 bis 17 mg und wurde im Mittel zu 14 mg pro Liter festgestellt.

Bei längerem Stehen der Proben in offenen und geschlossenen Flaschen (bei Zimmertemperatur) trat auch nach 10 Tagen noch keine vollständige Klärung der Flüssigkeiten ein; offen, d. h. unter Luftzutritt aufbewahrt, war nach dem genannten Zeitraume der ursprünglich im Rohwasser in reichlicher Menge sich findende Schwefelwasserstoff meist nicht mehr nachweisbar, und an Stelle des fäkalartig fauligen Geruches war öfters ein schwach faulig mooriger Geruch getreten; in den geschlossenen Flaschen — also unter Luftabschluss — hatten dagegen nach der erwähnten Beobachtungszeit sämtliche Proben den stark fauligen Geruch noch nicht verloren, und Schwefelwasserstoff war in starker Reaktion in allen Fällen nachweisbar.

Wurden die Rohwässer mit Leitungswasser in dem Verhältnis von 1 : 50 verdünnt und in diesem Zustande bei Zimmertemperatur aufbewahrt, so war trotz dieser hohen Verdünnung noch mehrere Tage lang ein deutlich jauchiger Geruch wahrnehmbar, der erst nach längerem Stehen einem modrigen Geruch Platz machte. Ein Unterschied zwischen den offenen und geschlossen aufbewahrten Proben wurde in diesem Falle nicht beobachtet. Bei einer geringeren Verdünnung des Rohwassers mit Leitungswasser (z. B. 1 : 15) konnte auch nach 10 Tagen noch ein deutlich jauchiger Geruch konstatiert werden, aber im Gegensatze zum unverdünnten Rohwasser wurde Schwefelwasserstoff hierbei in keinem Falle beobachtet.

Die Reaktion des Rohwassers war, bei der Entnahme bestimmt,

schwach alkalisch und änderte sich nicht, auch wenn die Proben längere Zeit aufbewahrt wurden.

Der Gehalt an Schwebestoffen war, wie aus der Zusammenstellung in Tabelle I (am Ende dieses Heftes) hervorgeht, ein für aus Faulräumen stammende Abflüsse ziemlich hoher[1]; er schwankte zwischen 162 und 378 mg im Liter und betrug im Mittel 250 mg. Bemerkenswert ist der Umstand, dass die Hauptmenge der Schwebestoffe — über 85 % nach dem Mittelwert berechnet — organischer Natur war.

Die für den Gesamt-Abdampfrückstand gefundenen Zahlen lagen zwischen 1135 und etwa 1400 mg (Mittelwert 1254); der Glührückstand (die anorganischen Stoffe) schwankte zwischen etwa 700 und 870 mg und der Glühverlust (die organischen Stoffe) zwischen etwa 400 und 530 mg.

Entsprechend der Herkunft des Rohwassers — Abfluss aus einem Faulraum — bestand der weitaus grösste Teil der in demselben ermittelten Stickstoffverbindungen aus Ammoniakstickstoff — 116 mg im Mittel —, und nur relativ geringe Mengen waren als organischer Stickstoff — 26 mg im Mittel — vorhanden. Nitrate und Nitrite fehlten in dem Rohwasser, bedingt durch die Art der Vorbehandlung, vollständig. Bezüglich der für Chlor, für die Kohlensäure, für Eisen und Kalk ermittelten Werte, die bei den einzelnen Versuchen näher besprochen werden sollen, sei auf Tabelle I verwiesen; ebenso auch bezüglich des Kaliumpermanganatverbrauches sowie des in dem Rohwasser ermittelten Keimgehaltes.

Zusammenfassend kann man sich auf Grund der angestellten Untersuchungen über den Charakter des zu den Versuchen verwandten Rohwassers dahin äussern, dass sich dasselbe als ein Schmutzwasser von beträchtlicher Konzentration darstellt, das im allgemeinen die für Abflüsse aus Faulräumen charakteristischen Eigenschaften: reichliche Mengen von Schwefelwasserstoff, weitgehenden Abbau der organischen Stickstoffverbindungen zu Ammoniak, hohen Gehalt an Kohlensäure aufweist. Im Gegensatz zu diesen für aus Faulräume stammende Abflüsse cha-

1) Diese für Faulraumabflüsse hohen Werte erklären sich unseres Erachtens ohne weiteres, wenn man die Konstruktion des in Tempelhof sich findenden Faulraumes in Berücksichtigung zieht; von einer Besprechung desselben sei aber an dieser Stelle, als über den Rahmen vorliegender Arbeit hinausgehend, Abstand genommen.

rakteristischen Eigenschaften steht der hohe Gehalt der Rohwässer an Schwebestoffen, der aber in zwangloser Weise durch die besondere Konstruktion des Tempelhofer Faulraums erklärt werden kann.

IV. Beschreibung der einzelnen Versuche.

Wie schon oben S. 133 und 135 erwähnt, war die Anordnung unserer Versuche so getroffen worden, dass sowohl das doppelte wie auch das einfache biologische Verfahren, in jedem Fall mit anschliessender Sandnachbehandlung, geprüft werden konnte. Die Versuche, deren Ergebnisse im nachstehenden beschrieben werden sollen, zerfielen demgemäss in folgende zwei Versuchsreihen:

Versuchsreihe 1: Doppeltes biologisches Verfahren mit Sandnachbehandlung:
Versuchskörper I: Primärer (grobkörniger) Oxydationskörper,
Versuchskörper II: Sekundärer (feinkörniger) ,,
Versuchskörper III: Tertiärer (Sand-) ,,

Versuchsreihe 2: Einfaches biologisches Verfahren mit Sandnachbehandlung:
Versuchskörper IV: Primärer (feinkörniger) Oxydationskörper,
Versuchskörper V: Sekundärer (Sand-) ,,

Versuchskörper I: Primärer (grobkörniger) Oxydationskörper. Korngrösse des Materials 8—25 mm.

Der Versuchskörper wurde in der Zeit vom 24. Mai bis 8. November 1901 145 mal, meistens einmal am Tage, mit Rohwasser beschickt. Die Dauer des Vollstehens belief sich bis zum 25. September auf 2 Stunden und von dieser Zeit an bis zum Ende der Versuche nur noch auf 1 Stunde. Ein nennenswerter Unterschied hinsichtlich des erreichten Kläreffektes durch das kürzere oder längere Vollstehen des Körpers war hierbei nicht zu beobachten; ebenso machte es auch keinen wesentlichen Unterschied bezüglich des Klärerfolges, ob die Füllung einmal oder ob sie zweimal am Tage geschah. Die während der Versuchszeit erlangten Untersuchungsergebnisse erfahren demgemäss im nachstehenden eine einheitliche Besprechung ohne besonderen Hinweis auf die jeweilige Dauer des Vollstehens oder die Anzahl der täglichen Füllungen.

Was zunächst die qualitative Leistungsfähigkeit des Versuchskörpers und hier wieder zuerst die grobsinnlich wahrnehmbaren

Digitized by Google

Eigenschaften der Abflüsse anlangt, so ergaben die Versuche, dass die äussere Beschaffenheit der Abflüsse gegenüber derjenigen der Rohwässer sich nur wenig geändert hatte.

Die ebenso wie das Rohwasser stets schwach alkalisch reagierenden Koksascheabflüsse waren noch stark getrübt, von schmutziggelblicher bis grauer Farbe, enthielten reichlichen grauen Bodensatz und besassen in den meisten Fällen einen deutlich fäkalartigen bis fauligen Geruch; im Gegensatze zu den Rohwässern war Schwefelwasserstoff nur selten und dann stets nur in geringen Mengen nachweisbar.

Die Durchsichtigkeitsbestimmungen der gut durchgeschüttelten Proben ergaben gegenüber denen des Rohwassers in allen Fällen eine Zunahme. Die Durchsichtigkeit, welche zwischen 1.9 und 2.7 cm schwankte, betrug im Mittel 2.5 cm, während die mittlere Durchsichtigkeit des Rohwassers zu 1.4 cm ermittelt wurde.

Die äussere Beschaffenheit der Abflüsse aus dem grobkörnigen Oxydationskörper erlitt beim Aufbewahren der Proben bemerkenswerte Veränderungen. Die sowohl in geschlossenen — also unter Luftabschluss — wie offenen Flaschen — unter Luftzutritt — bei Zimmertemperatur aufbewahrten Proben zeigten nämlich fast ohne Ausnahme am zweiten oder dritten Tage deutliche Fäulniserscheinungen unter Bildung reichlicher Schwefelwasserstoffmengen. Nach 10 Tagen war eine weitere Veränderung der Proben insofern zu beobachten, als die ursprünglich trüben Wässer ziemlich klar geworden waren unter Bildung einer die Oberfläche überziehenden dicken, fast ausschliesslich aus Zoogloen bestehenden Schwimmhaut. Die in geschlossenen Flaschen aufbewahrten Proben rochen alsdann immer noch deutlich nach Schwefelwasserstoff und zeigten in vielen Fällen eine durch Schwefeleisen bedingte Schwarzfärbung, während die unter Luftzutritt in offenen Flaschen aufbewahrten Proben meistens frei von Schwefelwasserstoff sich erwiesen, in manchen Fällen sogar einen deutlich moorigen, also keinen fauligen Geruch mehr und nur selten eine schwärzliche Farbe erkennen liessen.

Wurden die frischen Abflüsse mit der doppelten bis dreifachen Menge reinen Wassers verdünnt und bei Zimmertemperatur in offenen Flaschen stehen gelassen, so verlor sich schon nach 1 bis 2 Tagen der ursprünglich vorhandene jauchige Geruch und machte einem mehr modrigen und schliesslich erdigen Geruche Platz; Fäulniserscheinungen irgend welcher Art, Schwefelwasserstoffbildung u. s. w. traten also bei derartigen Verdünnungsgraden in keinem Falle auf.

Digitized by Google

Vergleicht man die vorstehend geschilderten Eigenschaften der Abflüsse aus dem mit grobkörnigem Koks gefüllten Versuchskörper mit denen des Rohwassers, so ergibt sich, dass trotz der anscheinend geringen Aenderung, welche das Rohwasser inbezug auf seine äussere Beschaffenheit durch seinen Aufenthalt in dem grobkörnigen primären Körper erlitten hatte, hinsichtlich seiner Fäulnisfähigkeit eine nicht unerhebliche Verminderung bewirkt worden war.

In Uebereinstimmung mit der geringeren Fäulnisfähigkeit der Koksabflüsse standen die durch die Analyse ermittelten Ergebnisse. So zeigte der Glühverlust des Abdampfrückstandes (die organischen Stoffe) im Mittel eine Verminderung um etwa 30 %; der organische Stickstoff erlitt ebenfalls eine Abnahme um etwa 30 % und der Kaliumpermanganatverbrauch eine solche um 25 %. Die Herabsetzung war also bei den drei vorgenannten für die Beurteilung des Kläreffektes von uns gewählten Indikatoren eine ziemlich gleichmässige, sodass die von Dunbar und Thumm ausgesprochene Ansicht[1], dass jede der vorstehend aufgeführten 3 Ermittelungen zu dem vorgenannten Zwecke in gleicher Weise Verwendung finden kann, auch in dem vorliegenden Falle sich als zutreffend erwiesen hat.

Im einzelnen haben die Analysen folgendes ergeben:

Inbezug auf die Schwebestoffe zeigte es sich, dass dieselben entsprechend der erhöhten Durchsichtigkeit der Abflüsse aus dem Kokskörper gegenüber denjenigen des Rohwassers eine gewisse Verminderung erfahren haben, die, wie aus Tabelle I hervorgeht, im Mittel etwa 45 % betrug. Die minimalen und maximalen Werte der gesamten Schwebestoffe schwanken, wie die Tabelle zeigt, zwischen 108 und 171 mg und der Glühverlust der Schwebestoffe zwischen 93 und 136 mg. Die Schwebestoffe der Abflüsse aus dem primären Körper waren also ebenso wie die des Rohwassers zum weitaus grössten Teile organischer Natur.

Die Gesamtmenge des Abdampfrückstandes hatte sich gegenüber der des Rohwassers nur wenig verändert. Hinsichtlich des Verhältnisses der anorganischen zu den organischen Stoffen war jedoch eine nicht unbeträchtliche Verschiebung und zwar insofern eingetreten, als

1) Dunbar und Thumm, Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwasserreinigungsfrage. München und Berlin. R. Oldenbourg. 1902. S. 17.

Digitized by Google

die ersteren Stoffe eine Vermehrung und die letztgenannten, die organischen Verbindungen, eine Verminderung um etwa 30 % erfahren haben.

Die in den Abflüssen aus dem grobkörnigen Kokskörper ermittelten Stickstoffverbindungen zeigten, mit den im Rohwasser vorhandenen Mengen verglichen, durchweg eine Verminderung. So nahm der Gesamtstickstoff im Mittel um etwa 30 %, der Ammoniakstickstoff um über 30 % und der organische Stickstoff (vergl. oben) um etwa 30 % ab.

Trotz dieser Herabsetzung des Ammoniakgehaltes und des organischen Stickstoffs zeigten die Abflüsse aus dem grobkörnigen Kokskörper in den meisten Fällen keine Reaktion auf Nitrate und Nitrite. Gleichwohl wurden während des Leerstehens des Körpers, ebenso wie bei Versuch IV, bei dem wir auf diesen Punkt wieder zurückkommen werden, Nitrate fortdauernd in nicht unerheblichen Mengen gebildet, die aber während des nachfolgenden Vollstehens des Körpers immer wieder reduziert wurden. Wir verweisen in dieser Beziehung auf die Versuche von Hatton[1]) und die Untersuchungen von Letts und Blake[2]), durch die in solchen und ähnlichen Fällen eine Reduktion der Nitrate selbst bis zu freiem Stickstoff festgestellt worden ist.

Während die für Ammoniak und den organischen Stickstoff ermittelte Herabsetzung häufigen Schwankungen unterworfen war, zeigte die Verminderung des Kaliumpermanganatverbrauches eine gewisse Konstanz und betrug, wie bei Besprechung des Kläreffektes schon erwähnt, im Mittel etwa 25 %.

Der Chlorgehalt der Abflüsse war von dem des Rohwassers nur wenig verschieden. Auch die für Kohlensäure erhaltenen Zahlen zeigten, mit denen des Rohwassers verglichen, im allgemeinen keine bedeutenden Abweichungen.

Der Kalkgehalt der Abflüsse liess entsprechend der Zunahme der im Abdampfrückstand ermittelten anorganischen Bestandteile meistens eine geringe Zunahme gegenüber den im Rohwasser ermittelten Werten erkennen.

Eisen konnte in den Abflüssen fast stets, immer aber nur in ganz geringen Mengen nachgewiesen werden.

1) Chem. Soc. Journal May 1881 „Action of Bacteria on Gases“ and „Reduction of Nitrates by Sewage.“

2) Chemical News 1901, No. 2184, S. 161; sowie auch Centralblatt für allgem. Gesundheitspflege. 1901. S. 418.

Der Keimgehalt war gegenüber dem im Rohwasser ermittelten Gehalte an Mikroorganismen zurückgegangen, aber nur hinsichtlich der Zahl, nicht der Art der Organismen. Die Kulturplatten zeigten ein ähnliches Bild wie die mit Rohwasser beschickten Platten, und unter den entwickelten Kolonieen waren sowohl Gelatine verflüssigende wie nichtverflüssigende in grosser Vielgestaltigkeit zur Entwickelung gekommen.

Inbezug auf die quantitative Leistungsfähigkeit des Körpers ist zu erwähnen, dass seine Aufnahmefähigkeit sich bei der zehnten Füllung auf 433 Liter pro 1 cbm Material, bei der hundertsten Füllung nur noch auf etwa 390 Liter belief; zu Ende des Versuches war die Aufnahmefähigkeit weiter gesunken, und der Körper nahm nur noch 364 Liter Wasser pro 1 cbm Material auf; die Aufnahmefähigkeit der grobkörnigen Koksasche war also nach 145 Füllungen um etwa 16 % zurückgegangen.

Bei Ausserbetriebsetzung des Körpers erwies sich derselbe von oben bis unten gleichmässig und zwar ziemlich stark verschlammt. Das Material zeigte einen intensiven Erdgeruch; Fäulnisgeruch oder eine durch Schwefeleisen bedingte Schwarzfärbung des Materials war nicht zu beobachten.

Bei der Entschlammung des Materials, welche nach der oben beschriebenen Methode (S. 136) vorgenommen wurde, erhielten wir nach 4 stündiger Sedimentierung des Schlammwassers, auf 1 cbm Material berechnet, über $67\frac{1}{2}$ Liter sedimentierten Schlamm.

Die Aufnahmefähigkeit des Körpermaterials war durch die Entschlammung auf 444 Liter pro 1 cbm Material hinaufgegangen, war also etwas höher, als vor Beginn unseres Versuches (433 Liter).

Der Materialverlust, welcher durch das Waschen der Koksasche erlitten wurde, betrug etwa 5 %; eine wesentliche Aenderung der Korngrösse nach erfolgter Waschung konnte nicht festgestellt werden.

Der bei der Entschlammung erhaltene sedimentierte Schlamm verlor, auf ein Filter gebracht, innerhalb 20 Stunden 41,8 % seines Wassergehaltes; die Menge des drainierten Schlammes belief sich demnach, pro cbm Material berechnet, auf 39,4 Liter. Der drainierte Schlamm war von schwärzlich-grauer Farbe, enthielt zahlreiche feine Kokspartikelchen und zeigte beim Aufbewahren, sowohl in offenen wie geschlossenen Flaschen, keine Andeutung irgendwelcher Fäulniserscheinungen, obgleich die Hauptmasse seiner festen Bestandteile,

Digitized by Google

wie die Analyse ergab, aus organischer Substanz bestand (organische Substanz 65 %, Asche nur 35 %).

Die Zusammensetzung des aus dem grobkörnigen Kokskörper erhaltenen Schlammes ist aus Tabelle II (am Schluss des Heftes) ersichtlich. Wie aus dieser hervorgeht, enthielt auch noch der drainierte Schlamm recht beträchtliche Wassermengen (74.2 %), so dass also der Gesamtwassergehalt des ursprünglich durch einfaches Sedimentieren des Schlammwassers erhaltenen sedimentierten Schlammes zu rund 85 % anzusetzen ist.

Versuchskörper II: Sekundärer (feinkörniger) Oxydationskörper. Korngrösse des Materials 3—8 mm.

Der zu Versuch II verwandte, aus feinkörnigem Material aufgebaute Oxydationskörper wurde ebenso wie der vorbeschriebene Körper I während der Versuchszeit — 24. Mai bis 8. November 1901 — 145 mal und zwar meistens 1 mal täglich mit Abwasser beschickt, aber nicht wie Versuchskörper I mit Rohwasser, sondern mit den Abflüssen aus dem vorbeschriebenen grobkörnigen Oxydationskörper.

Die nachstehend mitgeteilten Ergebnisse sind also durch Behandlung des Rohwassers zuerst in grobkörnigem und dann in feinkörnigem Material, mithin durch doppelte Behandlung, erzielt worden.

Die Dauer des Vollstehens betrug während der ganzen Versuchsperiode je 2 Stunden, die des Leerstehens — bei 1 mal täglicher Füllung des Körpers — mithin jedesmal 22 Stunden.

Die aus dem Koksascheoxydationskörper II erhaltenen Abflüsse zeigten hinsichtlich ihrer äusseren Beschaffenheit sowohl gegenüber der des Rohwassers wie der aus dem Körper I stammenden Abflüsse ein wesentlich besseres Aussehen: Statt der bei diesen beiden Wässern beobachteten sehr starken Trübung waren die bei Versuch II erlangten, gleichfalls schwach alkalisch reagierenden Abflüsse nur wenig getrübt, und ihre Durchsichtigkeit belief sich im Mittel auf 6 cm (Mittelwerte für Rohwasser 1.4 cm und für die Abflüsse aus Versuchskörper I 2.5 cm); die ursprünglich vorhandene schmutziggelbe Farbe des Rohwassers war verschwunden, und die Abwässer besassen eine mehr graue Farbe, meist mit einem leichten Stich in gelb.

Eine weitere durchgreifende Aenderung machte sich bezüglich des Geruches bemerkbar. Während die Abflüsse aus dem Körper I meist deutlich fäkalartig bis stark faulig rochen, besassen die Wässer nach

Digitized by Google

Passieren des sekundären Koksaschekörpers einen ausgesprochen moorigen Geruch; in keinem Falle konnte ein fauliger Geruch beobachtet werden.

Eine Verschlechterung des Geruches machte sich auch nicht bemerkbar, wenn die Proben längere Zeit bei Zimmertemperatur stehen blieben, und die bei Luftabschluss oder bei Luftzutritt aufbewahrten Proben verhielten sich in dieser Beziehung völlig gleich. In beiden Fällen machte der ursprünglich vorhandene moorige Geruch bald einem Erdgeruch Platz, der beim längeren Aufbewahren der Proben entweder bestehen blieb oder, was meistens der Fall war, fast vollständig verschwand, sodass das Wasser alsdann nahezu geruchlos war.

Im Gegensatze zu den Abflüssen aus dem Körper I war also durch deren weitere Behandlung in feinkörnigem Material in sämtlichen von uns beobachteten Fällen die Fäulnisfähigkeit den doppelt behandelten Abwässern vollständig genommen worden.

Bei dem Aufbewahren der Proben, sei es in offenen, sei es in geschlossenen Gefässen, konnten ausser den Geruchsveränderungen auch hinsichtlich des Aussehens der Proben bemerkenswerte Veränderungen festgestellt werden: Unter Abscheidung eines geringen, sowohl aus anorganischen wie organischen Stoffen bestehenden Niederschlages (Calcium-, Magnesium-, Eisen-, Phosphorsäureverbindungen, Seifen u. s. w.) wurden nach mehrtägigem Stehen die Wässer klar und nahezu farblos. Bakterienwucherungen (Zoogloenhäute) oder eine Schwarzfärbung der Proben konnte in keinem Falle beobachtet werden, sodass auch hierdurch sich die Proben von dem Rohwasser und den Abflüssen aus dem grobkörnigen Material wesentlich unterschieden.

In Uebereinstimmung mit der Besserung der äusseren Beschaffenheit des Abwassers durch seine Behandlung in feinkörnigem Material standen die erhaltenen analytischen Befunde.

Was zunächst die als Indikatoren für die Beurteilung des Reinigungseffektes dienenden Bestimmungen anlangt, so zeigte sich, dass der Glühverlust des Abdampfrückstandes — auf Rohwasser berechnet — um etwa 40 %, der organische Stickstoff im Mittel um etwa 70 % und der Kaliumpermanganatverbrauch um etwa 50 % herabgesetzt wurden, sodass im allgemeinen auch hier, ebenso wie es schon bei Versuchskörper I ausgesprochen ist, alle 3 Bestimmungen bezw. die durch sie dokumentierten Veränderungen des Wassers in gleicher

Weise für die praktische Beurteilung des Reinigungseffektes als brauchbar herangezogen werden können.

Was dann die weiteren analytischen Befunde und zwar zuerst die Schwebestoffe betrifft, so schwankten diese, wie aus Tabelle I hervorgeht, in ihrer Gesamtmenge zwischen 25 und 83 mg im Liter und betrugen im Durchschnitt 45 mg im Liter; gegenüber den bei Versuch I erhaltenen Abflüssen war also eine Abnahme von über 65 % oder, auf Rohwasser berechnet, von über 80 % zu verzeichnen. Ebenso wie bei dem Rohwasser und bei den Abflüssen aus Körper I war auch bei dem in Rede stehenden Versuch die Hauptmasse der Schwebestoffe organischer Natur. (Durchschnittswerte: Gesamtschwebestoffe 45 mg, Glühverlust der Schwebestoffe 35 mg, mithin rund 78 % organische Stoffe.)

Der Abdampfrückstand zeigte bei den sekundären Koksascheabflüssen sowohl in Bezug auf die ermittelte Gesamtmenge wie auch den Glührückstand, gegenüber den bei Versuch I ermittelten Werten eine geringe Zunahme, der Glühverlust, wie schon oben erwähnt, eine Abnahme, die, auf den Rohwassermittelwert berechnet, 40 % und auf den Mittelwert der primären Koksabflüsse berechnet, etwa 10 % betrug.

Die stickstoffhaltigen Substanzen und zwar speziell der Ammoniakstickstoff und der organische Stickstoff waren durch die Behandlung der primären Abflüsse in dem sekundären Körper gegenüber den durch das grobkörnige Material erreichten Effekten beträchtlich herabgesetzt worden. Wie aus Tabelle I ersichtlich ist, wurde beim Ammoniakstickstoff — auf Rohwasser berechnet — im Mittel eine Abnahme um reichlich 65 %, und beim organischen Stickstoff im Mittel eine solche von über 70 % festgestellt; in einigen Fällen wurde der letztere durch die Behandlung in dem feinen Material sogar vollständig entfernt.

Bezüglich der in den Abflüssen nachgewiesenen Nitratmengen war gegenüber den bei dem grobkörnigen Material erzielten Resultaten eine Aenderung insofern eingetreten, als bei Versuch II ausserordentlich hohe Werte erhalten wurden, welche, auf Nitratstickstoff berechnet, 19—41 mg, auf Salpetersäure (N_2O_5) berechnet zwischen 72 und 158 mg schwankten.

Salpetrige Säure konnte, wie die Tabelle I zeigt, in den Koksascheabflüssen in relativ nur geringer Menge nachgewiesen werden.

Im Gegensatz zu der im allgemeinen recht beträchtlichen Ver-

Digitized by Google

minderung des organischen Stickstoffs zeigte die Oxydierbarkeit (der Kaliumpermanganatverbrauch) der in Rede stehenden Abflüsse keine so erhebliche Herabsetzung; die Abnahme des Kaliumpermanganatverbrauches war überhaupt recht schwankend; sie bewegte sich zwischen etwa 33 und 70 % und betrug im Mittel nicht ganz 50 %. Was die absoluten Werte anlangt, so schwankten diese zwischen 121 und 255 mg und betrugen im Mittel 194 mg pro Liter. Trotz dieser für die Koksabflüsse ermittelten hohen Zahlen des Kaliumpermanganatverbrauchs hatte, wie vorstehend erwähnt, das Wasser seine Fäulnisfähigkeit vollständig eingebüsst, ein Beweis dafür, dass man, wie auch schon Dunbar und Thumm[1]) betonen, keineswegs aus den durch die Analyse ermittelten absoluten Werten bindende Schlüsse auf die Fäulnisfähigkeit bezw. Schädlichkeit eines Abwassers ziehen darf.

Der Chlorgehalt war in den sekundären Abflüssen meistens gleich demjenigen der Rohwässer und der primären Koksabflüsse; nur manchmal konnte eine Erhöhung bezw. eine Verminderung des Chlorgehaltes beobachtet werden, eine Erscheinung, auf die bei Versuch V näher eingegangen werden soll.

Hinsichtlich der Kohlensäure liess sich feststellen, dass der Mittelwert für die gebundene Kohlensäure, verglichen mit den für Rohwasser und für die primären Abflüsse gewonnenen Zahlen, praktisch gesprochen der gleiche geblieben war, dass aber bezüglich der Gesamtkohlensäure und deshalb auch hinsichtlich der freien Kohlensäure meistens eine deutliche Abnahme beobachtet wurde.

Der Kalkgehalt der sekundären Abflüsse hatte in Uebereinstimmung mit der Zunahme der anorganischen Bestandteile des Abdampfrückstandes, ebenso wie der der primären Abflüsse, eine weitere Zunahme erfahren.

Eisen fand sich auch in diesen Abflüssen meistens nur in Spuren.

Der Keimgehalt der bei Versuch II erhaltenen Abflüsse schwankte zwischen 5 Millionen und 6,2 Millionen auf Nährgelatine gewachsenen Keimen und betrug im Mittel 5,6 Millionen im ccm. Der Bakteriengehalt hatte sich also, auf denjenigen des Rohwassers berechnet, um 67 %, und auf den der primären Koksabflüsse berechnet um 55 % vermindert. Auch hier boten die Kulturplatten hinsichtlich der zur Entwicklung gekommenen Bakterienarten dasselbe Bild,

---

1) l. c. S. 13 u. flg.

wie die des Rohwassers und der Abflüsse aus dem primären Kokskörper I.

In quantitativer Hinsicht ergab die Prüfung, dass Versuchskörper II bei der 10. Beschickung, pro 1 cbm Material berechnet, 360 Liter Wasser aufzunehmen imstande war. Bei weiterer Beschickung sank die Aufnahmefähigkeit langsam, betrug bei der 50. Füllung aber immer noch 340 Liter für 1 cbm Material. Der niedrigste für die Aufnahmefähigkeit gegen Ende der Versuche ermittelte Wert belief sich auf 315 Liter pro 1 cbm Material.

Nach Ausserbetriebsetzung des Körpers erwies sich das gesamte Material ebenso wie Versuchskörper I gleichmässig verschlammt. Der Geruch des Materials war ein schwach erdiger; Schwarzfärbung der Koksasche, hervorgerufen durch Schwefeleisenbildung, fehlte vollständig.

Bei der Entschlammung des Materials, welche nach der früher beschriebenen Methode vorgenommen wurde, wurden pro 1 cbm Material 126,7 Liter — aus dem primären Körper wurden 67,8 Liter erhalten — „sedimentierter Schlamm" gewonnen. In 20stündiger Drainierung verlor derselbe 48,6 % seines Wassergehaltes. Der für 1 cbm Material erhaltene „drainierte Schlamm" betrug also 65 Liter (primärer Körper 39,4 Liter).

Der drainierte Schlamm besass infolge der Beimischung zahlreicher, aus dem Material stammender Koksteilchen eine schwärzliche Farbe. Der Geruch des Schlammes war ein erdartiger, der auch bei längerer Aufbewahrung des letzteren sowohl in offenen wie in geschlossenen Gefässen bestehen blieb, ohne dass ein Fäulnisgeruch aufgetreten wäre.

Bezüglich der Zusammensetzung des Schlammes sei auf Tabelle II verwiesen. Dieselbe zeigt, dass der wasserfreie Schlamm im Gegensatze zu dem aus Versuchskörper I erhaltenen Schlamme etwa zur Hälfte organischer und zur Hälfte anorganischer Natur war, und dass der drainierte Schlamm noch rund 60 % Wasser enthielt. Der Wassergehalt des sedimentierten Schlammes berechnet sich hiernach zu 79,4 %.

Hinsichtlich der Veränderungen, welche das Material des Versuchskörpers II durch seine Entschlammung erlitten hatte, ist folgendes mitzuteilen:

Die Aufnahmefähigkeit hatte sich ebenso wie bei dem Körper I wieder auf ihre ursprüngliche Höhe gehoben. Sie betrug 368 Liter

pro cbm Material gegenüber einer Aufnahmefähigkeit von 360 Liter bei der 10. Füllung des Versuchskörpers.

Bezüglich des Materialverlustes ergab sich, dass derselbe zu etwa 11 % anzusetzen war; hinsichtlich der Korngrösse des Materials wurde ebensowenig wie bei dem Oxydationskörper I eine wesentliche Aenderung des Korns beobachtet.

Versuchskörper III: Tertiärer (Sand-) Oxydationskörper. Korngrösse des Materials unter 3 mm.

Versuchskörper III wurde in der Betriebszeit — 24. Mai bis 8. November 1901 — ebenso wie die vorstehend beschriebenen Körper I und II 145 mal, meistens 1 mal täglich, mit den Abflüssen aus Versuchskörper II beschickt. Der Betrieb des Sandoxydationskörpers erfolgte derartig, dass das gesamte aus dem vorgeschalteten feinkörnigen Koksaschekörper abfliessende Wasser auf den Sandkörper aufgelassen wurde. Bei den gegenseitigen Mengenverhältnissen der Materialien in Versuchskörper II und III wurden hierdurch nicht nur die Poren des Sandkörpers vollkommen mit dem auffliessenden Wasser angefüllt, sondern es wurde auch der Körper mit dem Abwasser überstaut, so dass also nur ein Teil des Wassers einer länger dauernden Kontaktwirkung des Sandes — zu Beginn der Versuche bis zu einer halben Stunde, gegen Ende der Versuche nur noch 10 Minuten — ausgesetzt war, während der übrige Teil bei der Entleerung des Sandkörpers einfach durch denselben hindurch filtrierte. Diese Betriebsart wurde gewählt, da erfahrungsgemäss die Sandkörper nach erfolgter Einarbeitung im allgemeinen bedeutend grössere Abwassermengen zu verarbeiten oder, wie man zu sagen pflegt, zu schönen im stande sind, als ihrem Porenvolumen entspricht.

Die bei dieser Arbeitsweise mit dem Versuchskörper III erlangten Ergebnisse, dessen Abflüsse also das Produkt einer dreifachen Behandlung des Rohwassers durch grobkörnige, dann durch feinkörnige Koksasche und schliesslich durch Sand darstellen, waren folgende:

Hinsichtlich der äusseren Beschaffenheit der Sandabflüsse konnte im allgemeinen eine recht beträchtliche Besserung gegenüber den Abflüssen des sekundären Körpers festgestellt werden. Das erste aus den Sandkörpern kommende Wasser, welches also einige Zeit lang mit dem Material in Kontakt geblieben war, war stets vollständig klar und nahezu farblos — die Durchsichtigkeit lag oft über 40 cm; das nachfolgende Wasser, welches über dem Sande gestanden hatte

und bei der Entleerung des Körpers, wie schon erwähnt, einfach durch das Füllmaterial hindurchfiltrierte, war nie ganz klar, sondern stets opalescierend; ein vollständig klares Produkt konnte also durch einfache Filtration der sekundären Koksabflüsse durch Sand, auch nach seiner Einarbeitung, nicht erreicht werden. Die Tatsache, dass die Abflüsse aus Oxydationskörpern beim Faulverfahren einer Schönung durch Sandkörper grössere Schwierigkeiten entgegenstellen, als die beim reinen Oxydationsverfahren erzielten Abflüsse, findet mithin auch im vorliegenden Falle ihre Bestätigung[1]).

Bei der Mischung des gesamten Sandabflusses ergab sich ein Wasser, welches meistens klar — in einigen Fällen auch opalescierend —, nahezu farblos und vollständig frei von Schwebestoffen war. Die Durchsichtigkeit dieser Abflüsse lag zwischen 11 cm und über 30 cm und belief sich im Mittel auf etwa 20 cm.

Der Geruch der Abflüsse war meist ein erdiger; oft fehlte auch dieser, und es konnten die Wässer dann als geruchlos bezeichnet werden.

Ebensowenig wie die sekundären Koksascheabflüsse liessen die Sandabflüsse bei der Aufbewahrung der Proben bei Zimmertemperatur — mit und ohne Luftzutritt — eine Nachfaulung erkennen. In den meisten Fällen, auch bei den völlig klaren Wässern, wurde entsprechend der bei den Abflüssen aus Körper II gemachten Beobachtung eine nachträgliche Abscheidung eines geringen Bodensatzes bemerkt.

Die Reaktion der Sandabflüsse war wie die des Rohabwassers und der beiden Schlackeabflüsse eine schwach alkalische.

Die durch die Analyse ermittelten Werte zeigen, dass durch die Sandnachbehandlung der sekundären Koksabflüsse ausser einer Besserung der äusseren Beschaffenheit eine weitere Reinigung des Abwassers bewirkt worden war. So betrug auf Rohwasser berechnet die Abnahme des Glühverlustes des Abdampfrückstandes im Mittel etwa 30 %, die Abnahme des Kaliumpermanganatverbrauches im Mittel ca. 70 % und die des organischen Stickstoffs über 95 %. Verglichen mit den Abflüssen aus Körper II hatte der Glühverlust ebenso wie bei dem noch zu beschreibenden Versuch V eine Zunahme erfahren.

Die Schwebestoffe wurden, wie bereits erwähnt, durch die Sandnachbehandlung vollständig aus den sekundären Koksabflüssen entfernt.

1) Vergl. Dunbar und Thumm l. c. S. 130.

Bezüglich des Abdampfrückstandes ergab die Analyse, dass gegenüber den Abflüssen aus Körper I und II eine weitere Zunahme stattgefunden hatte, die sowohl in der Gesamtmenge als auch in den anorganischen und organischen Bestandteilen zum Ausdruck kam.

Die stickstoffhaltigen Substanzen wurden durch die Sandnachbehandlung in beträchtlichem Masse vermindert.

Wie die Tabelle I zeigt, ging der im Rohwasser im Mittel zu 142 mg im Liter berechnete Gesamtstickstoff im Versuchskörper I auf 98 mg, im Versuchskörper II auf 73 mg und im Versuchskörper III weiter auf 35 mg im Liter herab; die Gesamtstickstoffmenge zeigte also eine Gesamtabnahme von rund 75 %.

Der Ammoniakstickstoff, welcher in den Abflüssen aus dem sekundären Kokskörper im Mittel noch zu 38 mg bestimmt war, wurde durch die weitere Behandlung der Wässer in dem Sandkörper im Mittel auf 8 mg pro Liter herabgesetzt, und die Gesamtabnahme, auf den ursprünglichen Gehalt im Rohwasser bezogen, schwankte zwischen 80 und 97 % (Mittelwert 93 %).

Der organische Stickstoff, welcher in einigen Fällen schon durch die sekundäre Koksbehandlung vollständig entfernt wurde, fehlte in den Sandabflüssen meistens gänzlich; nur in 4 Fällen wurden 3 mal je 2 mg und 1 mal 6 mg festgestellt. Im Mittel betrug die Abnahme des organischen Stickstoffs über 95 %.

Die Nitrate erfuhren durch die Sandnachbehandlung gegenüber den in den sekundären Koksabflüssen ermittelten Werten eine meist nur geringe Zunahme. Als höchster Wert wurde in den aus Versuchskörper III kommenden Abflüssen 47 mg Nitratstickstoff ermittelt, was einem Salpetersäuregehalt von 181 mg im Liter entspricht.

Nitrite waren meist nur in Spuren nachweisbar.

Die Oxydierbarkeit, d. h. der Kaliumpermanganatverbrauch, zeigte ebenso wie der organische Stickstoff eine recht beträchtliche Abnahme, die im geringsten Falle 60 %, im höchsten Falle 82 % und im Mittel 70 % betrug. Die absoluten Werte schwankten zwischen 83 und 147 mg, während das Mittel bei 112 mg lag.

Der Chlorgehalt der Sandabflüsse hatte sich gegenüber den der Abflüsse aus dem sekundären Kokskörper nicht geändert, wohl aber die Kohlensäure, und zwar in den verschiedenen Arten ihres Vorkommens: die Gesamtkohlensäure sowie die gebundene Kohlensäure wiesen eine Abnahme, die freie Kohlensäure dagegen eine Zunahme auf.

Digitized by Google

Auch der Kalkgehalt hat in den Sandabflüssen eine weitere Zunahme erfahren. Derselbe ist von seinem ursprünglichen, im Rohwasser ermittelten Gehalte von 103 über 112 und 140 in den Kokskörpern durch die Sandnachbehandlung auf 154 mg im Mittel gestiegen. Diese Zahlen lassen ebenso wie die für die Abdampfrückstände ermittelten Werte in eindeutiger Weise erkennen, dass die Abwässer bei den in Rede stehenden Versuchen während ihres Aufenthaltes in den biologischen Körpern nicht unbeträchtliche Mengen des Körpermaterials ausgelaugt haben.

Eisen wurde meistenteils nur in Spuren nachgewiesen: im Höchstfalle fanden sich 0.1 mg Fe_2O_3 pro Liter in den Abflüssen.

Der Keimgehalt, der bereits durch die Behandlung in dem Aschekörper eine Abnahme erfahren hatte, wurde durch die Sandnachbehandlung noch weiter herabgesetzt (im Mittel betrug diese Verminderung etwa 80 %). Beachtenswert war, dass die Kulturplatten ein wesentlich anderes Bild boten als die mit Rohwasser bezw. den Abflüssen aus den primären und sekundären Kokskörpern angesetzten Platten. Während bei diesen, wie schon häufiger erwähnt, gleiche Bakterienarten, sowohl Gelatine verflüssigende wie nichtverflüssigende, zur Entwickelung gekommen waren, fanden sich auf den mit Sandabflüssen beschickten Kulturplatten relativ nur wenige Arten und zwar meistens nichtverflüssigende Bakterienarten. Die Hauptmasse der Kolonien wurde aus einer Bakterienart gebildet, einem Coccus, welcher kleine, bis stecknadelkopfgrosse weissliche, nicht verflüssigende Kolonien bildete. Durch die Sandnachbehandlung erfolgte also nicht nur eine weitere Zurückhaltung der Bakterienkeime, sondern auch eine ganz beträchtliche Verminderung der Bakterienarten, ein Befund, wie er neuerdings auch aus englischen Arbeiten[1]) bekannt geworden ist.

Hinsichtlich der quantitativen Leistungsfähigkeit des Versuchskörpers III wurde im Laufe des Betriebes keinerlei Abnahme beobachtet. Die Aufnahmefähigkeit des Sandes wurde zu Beginn des Versuches und ebenso nach Abbruch desselben zu rund 150 Liter pro cbm Material ermittelt. Wie früher erwähnt, wurde durch den Sand die gesamte Menge der sekundären Koksabflüsse, also bedeutend mehr hindurchgeschickt, als dessen Porenvolumen zu fassen im stande war.

---

1) Vergl. Royal Commission on Sewage Disposal, Second Report. 1902.

Digitized by Google

Nach Abschluss der Versuche erwiesen sich nur die Oberfläche des Körpers und die oberen Schichten bis auf etwa 2 cm herab in geringem Masse mit Schlamm durchsetzt. Der übrige Teil des Sandes besass etwa das gleiche Aussehen, wie vor Beginn des Versuches. Das gesamte Sandmaterial zeigte einen deutlichen Erdgeruch. Eine Schwarzfärbung konnte an keiner Stelle des Körpers beobachtet werden. Trotz der Schlammablagerung in den Oberflächen-Schichten versickerte das aufgebrachte Wasser der sekundären Koksabflüsse stets völlig gleichmässig in dem Sandmaterial.

Von einer Entschlammung des Körpers wurde infolge der geringen Menge des Schlammes Abstand genommen.

Versuchskörper IV: Primärer (feinkörniger) Oxydationskörper. Korngrösse des Materials 3—8 mm.

Auch dieser Körper wurde während der Betriebsperiode im ganzen 145mal, täglich meistens nur einmal, und zwar stets mit Rohwasser beschickt. Die Dauer des Vollstehens des Versuchskörpers betrug anfänglich 4 und späterhin nur noch 3 Stunden, so dass sich das Abwasser die gleiche Zeit, wie in Versuchskörper I und II zusammengenommen, aufhielt. Die hierbei — also durch einfache Behandlung des Rohwassers in feinem Material — erlangten Ergebnisse sind deshalb direkt vergleichbar mit den Resultaten, die durch Oxydationskörper I und II — also durch doppelte Behandlung des Schmutzwassers — erzielt wurden, und erfahren infolgedessen in nachstehendem mit den bei Versuchskörper II gemachten Ermittelungen eine vergleichende Besprechung.

Vorausgeschickt sei, dass bei Versuch IV ebensowenig wie bei Versuch I durch das kürzere oder längere Verweilen des Abwassers in dem Material innerhalb der angegebenen Versuchszeiten und bei ein- oder zweimaliger täglicher Beschickung der Körper sich ein nennenswerter Unterschied hinsichtlich des erlangten Reinigungseffektes bemerkbar machte, und dass deshalb auch hier, ebenso wie bei dem vorgenannten Körper, die erhaltenen Resultate ohne besondere Bezugnahme auf die verschieden lange Dauer des Vollstehens oder auf die Zahl der täglichen Füllungen besprochen werden sollen.

Was zunächst die äussere Beschaffenheit der Abflüsse aus Körper IV anlangt, so gilt für diese im allgemeinen das bei Körper II gesagte: Die schwach alkalisch reagierenden Wässer waren meist nur

Digitized by Google

noch wenig trübe, besassen eine mittlere Durchsichtigkeit von nicht ganz 6 cm und eine meist graue Farbe, mit einem leichten Stich in gelb.

Der Geruch der Abflüsse liess im Gegensatz zu den bei Versuchskörper II gemachten Feststellungen manchmal zu wünschen übrig. Zwar wurden hier gleichfalls meistens modrig riechende Abflüsse erzielt, doch kamen auch dreimal schwach fäkalisch riechende Wässer vor, eine Erscheinung, die bei dem doppelt behandelten Abwasser (in einem grobkörnigen und feinkörnigen Körper) nie zu beobachten war.

Hinsichtlich der Veränderungen der durch einfache Behandlung in feinem Material erlangten Abflüsse bei längerem Aufbewahren gilt aber für alle Wässer, auch für die schwach fäkalisch riechenden, das gleiche wie für die bei der doppelten Behandlung erhaltenen Wässer: In sämtlichen von uns beobachteten Fällen hatte das durch feinkörnige Koksasche behandelte Rohwasser seine Fäulnisfähigkeit vollständig verloren.

Auch in den Abflüssen aus Körper IV wurde in gleicher Weise wie in denen aus Körper II und Körper III, sowie in den aus dem noch zu besprechenden Körper V erhaltenen Filtraten bei der Aufbewahrung eine vollständige Klärung der Proben, unter Abscheidung eines nicht sehr bedeutenden Niederschlages beobachtet. Das Auftreten von Bakterienhäuten oder einer schwarzen, durch Schwefeleisen bedingten Färbung der Proben konnte hierbei in keinem Falle bemerkt werden.

Im Zusammenhang mit diesen wesentlichen Besserungen, welche das Rohwasser durch seine Behandlung in dem feinkörnigen primären Körper erfahren hatte, stehen die durch die Analysen ermittelten Befunde, wie die für die Feststellung des erreichten Kläreffektes und zwar hinsichtlich der gelösten fäulnisfähigen Stoffe gewählten Indikatoren erkennen liessen: Der Glühverlust des Abdampfrückstandes zeigte eine Abnahme von 40 % (Körper II Abnahme 40 %), der organische Stickstoff eine solche von etwa 54 % (Körper II Abnahme etwa 70 %) und der Kaliumpermanganatverbrauch eine Verminderung von etwa 45 % (Körper II Abnahme etwa 50 %). Vergleicht man diese für Versuch IV erlangten Werte mit den bei Versuch II erhaltenen, vorstehend in Parenthese aufgeführten Zahlen, so ergibt sich, dass der Glühverlust sowie der Permanganatverbrauch bei beiden Versuchen eine etwa gleiche Herabsetzung erfahren haben, dass aber hinsichtlich

des organischen Stickstoffes das doppelte Verfahren sich als leistungsfähiger als das einfache Verfahren erwiesen hat.

Entsprechend der grösseren Durchsichtigkeit der Abflüsse aus dem feinkörnigen primären Kokskörper gegenüber der Durchsichtigkeit des Rohwassers ergab auch die Analyse eine recht erhebliche Abnahme der Schwebestoffe (etwa 70 % auf Rohwasser berechnet); dieselbe war also nur wenig niedriger, als die durch Versuchskörper II erreichte Abnahme (80 %). Wie bei Versuch I und II, so war auch bei Versuch IV der weitaus grösste Teil dieser Schwebestoffe — 88 % — organischer Natur.

Die Gesamtmenge sowie der Glührückstand des Abdampfrückstandes zeigte die gleiche Zunahme, der Glühverlust dieselbe Abnahme, wie sie bei Versuch II ermittelt wurden.

Von den in den Abflüssen gelöst enthaltenen stickstoffhaltigen Substanzen zeigte der Gesamtstickstoff im Mittel fast die gleiche Herabsetzung wie bei der doppelten Behandlung — 44.4 % —. Nicht so hoch war die Abnahme des Ammoniaks, sowie die des organischen Stickstoffs, und zwar belief sie sich beim Ammoniak auf 53.5 % und beim organischen Stickstoff auf 53.8 %, gegenüber einer Abnahme von über 65 % bezw. 67 % bei Versuchskörper II.

Die für Nitratstickstoff ermittelten Werte schwankten, wie aus Tabelle I hervorgeht, zwischen Spuren und 21 mg und betrugen im Mittel 13 mg Stickstoff, oder 50 mg auf Salpetersäure (N_2O_5) berechnet.

Bezüglich der in dem vorliegenden Fall in den Abflüssen ermittelten Nitratmengen verweisen wir auf das bereits bei Versuch I über den Salpetersäuregehalt der Filtrate gesagte. Da Versuchskörper IV direkt mit Rohwasser beschickt wurde, so spielten sich auch hier ähnliche Reduktionsvorgänge ab, wie beim Versuchskörper I, und die nachgewiesenen Salpetersäuremengen entsprachen demnach keineswegs der Nitratmenge, welche in der voraufgegangenen Lüftungsperiode gebildet worden war.

Insbesondere fehlten bei unserm Versuchskörper Nitrate meist vollständig in den Abflüssen, wenn das Rohwasser reichliche Mengen Schwefelwasserstoff enthielt, während bei Abwesenheit dieses Stoffes bezw. bei nur geringem Vorhandensein desselben in dem Rohwasser ein fast ebenso hoher Nitratgehalt wie bei Versuchskörper II — diesem wurde infolge der Vorbehandlung des Rohwassers in dem primären

Digitized by Google

Körper ein von Schwefelwasserstoff freies Abwasser zugeführt — ermittelt wurde.

Die Arbeit von Thumm[1] behandelt diese Frage eingehend, und es sei deshalb bezüglich aller näheren Einzelheiten über den in Rede stehenden Punkt auf diese verwiesen. Hier sei nur soviel erwähnt, dass uns nach allen Beobachtungen, welche wir bei stickstoffhaltigen Abwässern bezüglich dieser Frage machen konnten, die Bildung von Nitraten für den normalen Betrieb eingearbeiteter biologischer Körper unerlässlich erscheint. Nur dann findet eine fortdauernde Entfernung der in den biologischen Körpern zurückgehaltenen Ammoniakmengen statt und ist der Körper, hierdurch regeneriert, befähigt, stets die neu mit dem Abwasser ihm zugeführten Ammoniakmengen zu binden. Gelingt der Nachweis von Nitraten in den Abflüssen nicht, und wird trotzdem ein befriedigender Reinigungseffekt beobachtet, so sind die Ursachen dieses negativen Befundes auf die oben besprochenen Reduktionserscheinungen zurückzuführen, und es muss infolgedessen als nicht zutreffend bezeichnet werden, aus dem Fehlen der Nitrate in den Abflüssen auf eine Nichtbildung dieser Verbindungen in den biologischen Körpern zu schliessen.

Hinsichtlich der Herabsetzung der Oxydierbarkeit, die meistens etwas niedriger lag als bei den Abflüssen aus Versuchskörper II, gilt voll und ganz das für diesen Körper auf S. 147 gesagte. Auch bezüglich der für Chlor, für Eisen und für Kalk ermittelten Werte sei auf die Ergebnisse von Versuchskörper II verwiesen. Der Gehalt an Kohlensäure dagegen war in den Abflüssen aus dem primären feinen Körper ein bedeutend höherer als bei Versuch II.

Der Keimgehalt der Abflüsse wurde im Minimum zu 3,8, im Maximum zu 11 Millionen und im Mittel zu 7,4 Millionen pro 1 ccm ermittelt. Wie bei Versuchskörper II, so waren auch hier anscheinend die Bakterienarten des Rohwassers vertreten; jedenfalls boten in allen Fällen die Kulturplatten der Abflüsse dasselbe Bild, wie die des Rohwassers.

Die quantitative Prüfung ergab für den Versuchskörper IV eine ursprüngliche Aufnahmefähigkeit — bei der 10. Beschickung ermittelt — von rund 330 Liter pro cbm Material. Bei den weiteren Beschickungen sank die Aufnahmefähigkeit nur langsam, betrug bei

---

1) l. c. S. 90 u. flg.

der 50. Beschickung rund 320 Liter und zeigte als niedrigsten Wert 308 Liter pro cbm Material.

Nach Entschlammung des Körpers stieg die Aufnahmefähigkeit ebenso wie bei Versuchskörper II und betrug 350 Liter Abwasser pro 1 cbm Material, war also höher als bei Beginn unserer Versuche.

Die Korngrösse des Materials hatte sich durch das Waschen anscheinend nicht geändert. Der durch die Entschlammung bewirkte Materialverlust betrug über 13 %, war also etwas höher als bei Versuchskörper II (11 %), aber 3 % niedriger als der bei Versuch I und II insgesamt erlittene Materialverlust (16 %).

Bei der Entscheidung der Frage, ob doppeltes oder einfaches Verfahren zu wählen sei, dürfte unseres Erachtens diese Beobachtung entsprechende Beachtung verdienen.

Der nach der 145. Beschickung ausser Betrieb gesetzte Körper erwies sich von oben nach unten zu gleichmässig und zwar stark verschlammt. Der Geruch des Materials, in welchem nirgends eine durch Schwefeleisenbildung hervorgerufene Schwarzfärbung beobachtet werden konnte, war schwach erdig.

Die nach der früher beschriebenen Methode ausgeführte Entschlammung ergab 183 Liter „sedimentierten Schlamm" pro 1 cbm Material. Durch Drainieren verlor derselbe 49 % seines Wassergehaltes, so dass pro 1 cbm Material rund 93 Liter „drainierter Schlamm" erhalten wurden. Versuchskörper IV war also in bedeutend stärkerem Masse verschlammt als Körper II, bei dem nur 65 Liter drainierter Schlamm gewonnen wurden. Unter Hinzurechnung der bei Versuch I erhaltenen Schlammmengen (etwa 40 Liter) zu den bei Versuch II gewonnenen ergibt sich, dass bei der doppelten Behandlung des Abwassers in grobkörnigem und feinkörnigem Material sich in den betreffenden Körpern etwas mehr Schlamm abgelagert hatte, als bei einfacher Behandlung des Schmutzwassers in dem feinkörnigen Körper allein: 105 Liter bei doppelter, 93 Liter bei einfacher Behandlung.

Da, wie analytisch festgestellt, durch das doppelte Verfahren eine etwas weitgehendere Entfernung der Schwebestoffe erzielt wurde als durch das einfache Verfahren — bekanntlich bilden die den biologischen Körpern zugeführten Schwebestoffe neben einer Reihe anderer Faktoren[1]) die Hauptursache der Verschlammung — so erklärt sich hieraus der erhaltene Befund ohne weiteres.

1) Wegen dieser s. z. B. Dunbar und Thumm l. c. S. 100.

Wie der aus Versuchskörper II gewonnene Schlamm besass auch der aus Körper IV erhaltene eine schwärzliche Farbe und einen Erdgeruch, der auch bei längerer Aufbewahrung des Schlammes bestehen blieb und keinem Fäulnis- bezw. Schwefelwasserstoffgeruche Platz machte.

Die Zusammensetzung des drainierten Schlammes ist aus Tabelle II ersichtlich und lässt erkennen, dass der drainierte Schlamm noch rund etwa 60 % Wasser enthielt, sodass der Gesamtwassergehalt des sedimentierten Schlammes sich auf 79.6 % belief. Er zeigte also bezüglich seines Feuchtigkeitsgehaltes wie auch hinsichtlich seiner sonstigen Zusammensetzung eine ähnliche Beschaffenheit wie der aus Körper II isolierte Schlamm.

Versuchskörper V: Sekundärer (Sand-) Oxydationskörper. Korngrösse des Materials unter 3 mm.

Der zur Nachbehandlung der aus dem primären Körper IV stammenden Abflüsse dienende Sand-Oxydationskörper V wurde ebenso oft beschickt wie die anderen Versuchskörper und zwar bei je einmaliger täglicher Füllung im ganzen 145 mal. Bezüglich des Betriebes und der denselben bestimmenden Gesichtspunkte gilt das bei Versuchskörper III gesagte: das gesamte, aus dem primären feinkörnigen Oxydationskörper stammende Abwasser gelangte auf den Sandkörper, sodass derselbe teilweise damit überstaut war. Nach einer halben Stunde bis zu 10 Minuten herab erfolgte die Entleerung des Körpers, wobei alsdann das über der Sandoberfläche stehende Wasser in gleicher Weise, wie dies bei Körper III der Fall war, durch das Sandmaterial einfach hindurchfiltrierte.

Die bei dem vorliegenden Versuche erhaltenen Ergebnisse — erlangt durch eine Sandnachbehandlung der Abflüsse aus dem primären feinkörnigen Oxydationskörper IV — können in Vergleich gesetzt werden mit denen, welche bei Versuchskörper III — Sandnachbehandlung der Abflüsse aus dem sekundären feinkörnigen Oxydationskörper II — erhalten wurden, wie dies in vorstehendem auch bezüglich der bei den Versuchskörpern IV und II erlangten Resultate geschehen ist.

Was zunächst die äussere Beschaffenheit der aus dem sekundären Sandoxydationskörper erhaltenen Abflüsse anlangt, so war dieselbe im grossen und ganzen derjenigen der Abflüsse aus dem tertiären Sandkörper III ähnlich; nur bezüglich ihrer Farbe machte sich insofern

Digitized by Google

ein Unterschied bemerkbar, als sie im Gegensatz zu den nahezu farblosen Abflüssen des Körpers III meistens einen Stich in gelb besassen.

Der durch die Analyse ermittelte Reinigungseffekt war in mancher Beziehung etwas niedriger als bei Körper III. Die auf den Rohwassermittelwert berechnete Abnahme des organischen Stickstoffs belief sich auf 91.5 % (bei Körper III über 95 %) und die des Kaliumpermanganatverbrauches auf 66.1 % (bei Körper III etwa 70 %), die Abnahme des Glühverlustes des Abdampfrückstandes auf 27.7 % (bei Körper III etwa 30 %). Der Glühverlust des Abdampfrückstandes zeigte auch hier, wie bei Sandkörper III, gegenüber dem Glühverlust des aufgeleiteten Wassers eine nicht unerhebliche Zunahme; doch soll auf diesen Punkt an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

Wie durch Körper III wurden auch durch Körper V die Schwebestoffe vollständig aus den aufgeleiteten Abwässern entfernt. Auch hier erfuhren die Gesamtmenge sowie die anorganischen Bestandteile (Glührückstand) des Abdampfrückstandes durch die Sandnachbehandlung eine nicht unerhebliche und zwar noch stärkere Zunahme als bei Körper III. Bezüglich des Glühverlustes sei auf das vorstehend gesagte verwiesen.

Wie Tabelle I erkennen lässt, zeigten die für die Stickstoffsubstanzen — den Gesamtstickstoff, den Ammoniakstickstoff, die Nitrate und Nitrite sowie den organischen Stickstoff — ermittelten Werte ähnliche Zahlen wie die bei Versuch III festgestellten, sodass den dort hierüber gegebenen Erläuterungen an dieser Stelle nichts hinzuzufügen ist.

Bezüglich der Chlorverbindungen wurden teils dieselben Werte wie bei dem feinkörnigen Aschekörper ermittelt, teils aber auch, wie schon bei Versuch II erwähnt ist, öfters ziemlich abweichende Zahlen. Der Grund für diese Abweichung lag nicht etwa in einer nicht sachgemäss ausgeführten Probeentnahme, sondern die Schwankungen beruhten, wie Thumm auch bei anderen Versuchen feststellen konnte, lediglich auf der Verdünnung, welche das in die Körper eingeleitete Abwasser durch den in demselben auch bei guter Drainage immer noch in nicht unerheblichem Grade vorhandenen Feuchtigkeitsgehalt des Materials selbst erfuhr. Enthält das im Material befindliche Wasser einen höheren Gehalt an

Digitized by Google

Chloriden, als das zur Beschickung verwandte, so ist naturgemäss in den Abflüssen eine Zunahme des Chlors, im umgekehrten Falle selbstverständlich eine Abnahme zu konstatieren.

Bei den in Rede stehenden Versuchen trat dieser Feuchtigkeitsgehalt des Materials analytisch meistens nur schwach in die Erscheinung, da der Chlorgehalt der zur Beschickung verwandten Abwässer relativ nur geringen Schwankungen unterworfen war und infolgedessen auch das in den Körpern befindliche Wasser, praktisch gesprochen, denselben Chlorgehalt aufwies, wie das zur Füllung verwandte Abwasser. Setzt man absichtlich Chloride (z. B. Kochsalz) den Abwässern zu, so lassen sich diese Verhältnisse genau studieren und die Verdünnung, welche das Abwasser durch die in dem biologischen Körper enthaltene Feuchtigkeit erhält, mit Sicherheit feststellen.

Ueber die Bedeutung des Feuchtigkeitsgehaltes des Füllkörpermaterials für manche in der ersten Zeit des Vollstehens eines biologischen Körpers sich abspielenden Vorgänge soll an anderer Stelle berichtet werden.

Der Kaliumpermanganatverbrauch der Abflüsse aus dem primären feinkörnigen Körper erfuhr durch die Sandnachbehandlung eine mittlere Abnahme von 40,0 % — die Abnahme der Oxydierbarkeit, auf Rohwasser berechnet, betrug 66,1 %, war also, wie oben schon mitgeteilt wurde, etwas niedriger als bei doppelter Behandlung des Rohabwassers und anschliessender Sandnachbehandlung.

Bezüglich der Werte für Kohlensäure, Eisen, Kalk sowie hinsichtlich des ermittelten Keimgehaltes sei auf Tabelle I verwiesen. Da hier die Verhältnisse ähnlich lagen wie bei Versuch III, so erübrigt sich eine nähere Besprechung der einzelnen Werte. Nur inbezug auf den Keimgehalt sei hervorgehoben, dass, ebenso wie bei Versuch III, nicht nur eine erhebliche Abnahme der Bakterienzahl (auf Rohwasser berechnet rund 89 %), sondern auch der Bakterienarten zu beobachten war.

In quantitativer Hinsicht bestanden dieselben Verhältnisse wie bei dem tertiären Sandoxydationskörper; auch hinsichtlich der Verschlammung des Materials, dessen Geruch und Aussehen, waren keine erheblichen Unterschiede zu beobachten.

Fasst man die bei Körper V erhaltenen Ergebnisse mit den bei Versuchskörper III gewonnenen zusammen, so lässt sich sagen, dass, vom praktischen Standpunkte aus beurteilt, in beiden Fällen durch

Digitized by Google

die Sandnachbehandlung gleiche Resultate erzielt wurden, und dass die jeweilige verschiedenartige Vorbehandlung des Abwassers durch das einfache oder doppelte Verfahren ohne nennenswerten Einfluss auf das Gesamtergebnis geblieben war.

Im Anschluss an die vorstehend geschilderten Versuche und bevor auf die hieraus zu ziehenden Schlussfolgerungen übergegangen werden soll, wollen wir an dieser Stelle noch kurz über einige Versuche berichten, die die Frage einer geeigneten und bequemen **Entschlammung biologischer Körper** betrafen.

Ausser der eingangs erwähnten Art der Entschlammung, wie wir sie bei unseren Versuchskörpern vornehmlich angewandt haben, und die sich direkt auf die von Dunbar und Thumm[1] hierüber mitgeteilten Angaben stützt, wurden speziell von Thumm noch andere Arten der Entschlammung und zwar bei Versuchskörper II und IV, also an feinkörnigem Material, geprüft. Er fand bei diesen Versuchen, dass eine fast vollständige Entfernung des dem Material anhaftenden Schlammes leicht gelang, wenn er durch den mit Wasser gefüllten biologischen Körper und zwar von unten nach oben hin Wasser durchtreten liess — also eine Rückspülung vornahm — und hierzu gleichzeitig und ebenfalls von unten her in den Körper Luft einblies. Der abgeschwemmte und durch den Wasserstrom nach oben geführte Schlamm konnte dann durch eine am Körper angebrachte Ueberlaufeinrichtung abgezogen werden. Es gelang mithin, durch eine mit Luftstrom kombinierte Rückspülung die Entschlammung kleinerer biologischer Körper auszuführen, ohne das Material aus seinem Behälter zu entfernen.

Bei der Bedeutung, welche eine einfache und nennenswerte Kosten nicht verursachende Entschlammung der Oxydationskörper für den praktischen Betrieb einer biologischen Anlage besitzt, ist die Fortführung dieser Versuche beabsichtigt, und zwar soll die Prüfung der vorgenannten Methode auch auf anderes Füllmaterial und auf grössere biologische Körper ausgedehnt werden.

Im Interesse der Sache würden wir es als vorteilhaft begrüssen, wenn im gegebenen Fall auch von anderer Seite eine Prüfung der vorbeschriebenen Entschlammungsmethode vorgenommen würde.

---

1) l. c. S. 112 u. flg.

V. Schlussbemerkungen.

Die an den Versuchskörpern I bis V gemachten Feststellungen sind in dem vorstehenden Kapitel IV des näheren beschrieben und die Schlussergebnisse daselbst hervorgehoben worden. Wir wollen an dieser Stelle deshalb nur die eingangs aufgeworfene allgemeine Frage:

> Kann konzentriertes, durch einen Faulraum vorbehandeltes Schmutzwasser durch Kontaktkörper gereinigt werden oder nicht?

bezw. die spezielle Frage:

> Liegt der an der Tempelhofer Anlage beobachtete, wenig befriedigende Kläreffekt der biologischen Körper wesentlich an der Konzentration und an der Art der Vorbehandlung der dortigen Abwässer vor ihrer Einleitung in die Oxydationskörper oder an vermeidbaren konstruktiven Mängeln der Anlage oder Fehlern des Betriebes?

auf Grund unserer hierüber angestellten Versuche, wie folgt beantworten:

Die Annahme, dass konzentrierte, durch einen Faulraum vorbehandelte Abwässer durch das Kontaktverfahren biologisch nicht gereinigt werden könnten, hat sich in Uebereinstimmung mit unseren an anderen Orten gemachten Erfahrungen auch auf Grund der bei den vorstehend beschriebenen Versuchen erlangten Ergebnisse als nicht zutreffend erwiesen. Durch richtigen Aufbau der biologischen Körper sowie durch zweckentsprechenden Betrieb derselben lassen sich auch bei konzentrierten Wässern, auch wenn diese in Faulräumen vorbehandelt worden sind, Reinigungseffekte erzielen, welche dem durch sachgemässe Berieselung zu erreichenden Reinheitsgrade (wenn man von der Leistungsfähigkeit der beiden Verfahren hinsichtlich der Entfernung der Bakterien absieht) als gleichwertig an die Seite gestellt werden können.

Der an manchen biologischen Anlagen beobachtete negative Erfolg liegt u. E. nicht an der angewandten Methode, sondern beruht teils auf einer unrichtigen Konstruktion, teils auf einer unsachgemässen Betriebsführung, ist oft auch durch beide Faktoren zusammen bedingt.

Was insbesondere die Tempelhofer Anlage betrifft, so findet der hier beobachtete unbefriedigende Kläreffekt der Oxydationskörper durch die zu grobkörnige Beschaffenheit der zur Füllung der dortigen Becken verwandten Koksasche seine zwanglose Erklärung.

Wie nämlich die von uns ausgeführte Untersuchung gezeigt hat

Tabelle II.

Zusammensetzung des aus den Versuchskö Beendigung der Versuche ausgewas

	Versuchskörper I (Grobkörnige Koksasche)		Versuchskö (Feinkörnig asche
	Drainierter	Wasserfreier	Drainierter
	Schlamm %		Schla %
Wasser	74,2	—	59,1
Asche	9,3	36,0	20,9
Organische Substanz	16,5	64,0	20,0
Kalk (CaO) . . .	1,2	4,7	3,6
Phosphorsäure (P_2O_5) .	0,5	1,9	0,6
Eisen (Fe_2O_3) . .	2,0	7,7	7,0
Gesamt-Stickstoff	0,6	2,3	0,3

(vergleiche die Fussnote auf Seite 130 dieses Heftes), besass mehr als die Hälfte des in den Tempelhofer Oxydationskörpern befindlichen Materials eine Korngrösse von über 10 mm, und bei mehr als 70 % desselben lag die Korngrösse über 7 mm. Nach allen unseren an Kontaktkörpern gemachten Erfahrungen und auch nach den Beobachtungen, die wir bei den vorstehend geschilderten Versuchen bei Versuchskörper I (Korngrösse 8—25 mm) gemacht haben, lässt sich durch ein Material, wie es in Tempelhof zum Aufbau der Oxydationskörper Verwendung gefunden hat, zumal bei so konzentrierten Wässern, wie sie daselbst vorliegen, ein befriedigender Reinigungseffekt nicht erzielen. Wenn auch bei sachgemässer Handhabung des Betriebes bei Oxydationskörpern, welche aus so grobkörnigem Material hergestellt sind, in den Abflüssen gegenüber der Beschaffenheit des aufgeleiteten Rohabwassers eine Besserung und eine gewisse Herabsetzung der gelösten fäulnisfähigen Stoffe beobachtet werden kann, so gelingt es jedoch nicht, dem Abwasser durch die einfache Behandlung in einem derartigen Material die Fäulnisfähigkeit in allen Fällen zu nehmen. Solche Effekte lassen sich bei höher konzentrierten Wässern nur durch feinkörnigeres Material erzielen, wie für den vorliegenden Fall die bei unserem Versuchskörper IV gewonnenen Ergebnisse haben erkennen lassen, oder noch sicherer durch grob- und feinkörniges Material, also durch doppelte Behandlung des Schmutzwassers, wie die an Körper I und II angestellten Versuche ergeben haben.

Würde man also in der Tempelhofer Kläranlage eine Trennung des Materials in grob- und feinkörniges vornehmen und nur das feine Material zum Aufbau der Oxydationskörper verwenden, so dürfte aller Voraussicht nach unter der Bedingung einer zweckentsprechenden Betriebsführung schon durch die einfache Behandlung des Abwassers eine Entfernung der fäulnisfähigen Stoffe bewirkt werden können. Auf jeden Fall lässt sich dies aber erreichen, wenn das erlangte grobe Material zum Aufbau von primären und das erhaltene feine Material zur Herrichtung von sekundären Körpern verwendet wird, wenn also an Stelle des einfachen das doppelte Verfahren gewählt würde.

Digitized by Google

7.

Weitere Versuche über die Reinigung des Charlottenburger Abwassers auf der Pumpstation Westend durch das biologische Verfahren.

Von

Dr. **Curt Zahn**,
Wissenschaftlichem Mitgliede der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

(Mit Tabelle III.)

Die seitens der staatlichen Sachverständigen-Kommission an der Versuchskläranlage für städtische Abwässer auf der Pumpstation Charlottenburg zu Westend in den Jahren 1898/1899 angestellten Versuche zur Prüfung des biologischen Verfahrens[1]) schlossen sich eng an die systematische Prüfung desselben in Gross-Lichterfelde[2]) an. Während diese zuletzt genannten Versuche speziell den Zweck verfolgten, zu untersuchen, welche Resultate überhaupt mit diesem Verfahren erzielt werden könnten, so sollten die in Westend ausgeführten Versuche als Grundlage dienen für eine in grösserem Massstabe auf dem Rieselfeld in Karolinenhöhe bei Gatow zu errichtende biologische Anlage. Bezüglich der bei diesen Versuchen angewandten Materialien und Korngrössen wurden die verschiedenartigsten Variationen gewählt, wobei die teils in Gr.-Lichterfelde gewonnenen Gesichtspunkte, teils die aus der Literatur bekannten Ergebnisse Berücksichtigung fanden.

1) Vierteljahrsschrift f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 1900. Bd. XIX. Suppl.

2) Ebenda. 1898. Bd. XVI. Suppl.

Digitized by Google

Ohne auf die Einzelheiten der Versuchsanordnung einzugehen, sei nur erwähnt, dass der Aufbau der Körper in der Art der Sandfilter erfolgt war, dass also nicht ein Material von einheitlicher Art und Korngrösse geprüft wurde, sondern dass die Filterkörper schichtenweise ähnlich wie die Dibdin'schen und die Roscoe'schen Filter aufgebaut waren. Die Versuchsanlage bestand aus 3 Filtern, von denen während der ersten Versuchsperiode Filter I mit Koks verschiedener Korngrösse und einer Zwischenschicht von Kies, Filter II mit abwechselnden Schichten von Granit und Kies und Filter III mit Ziegelbrocken und Kies verschiedener Korngrösse gefüllt waren. Die hierbei erlangten, öfters sehr schwankenden Resultate liessen erkennen, dass im allgemeinen mit Koks ein wesentlicher Reinigungseffekt erzielt werden konnte, dass aber die mit Kies bezw. mit Ziegelbrocken beschickten Filter bei der vorhandenen Art des Aufbaues und der geübten Betriebsweise sich als ungeeignet zur Reinigung des dortigen Abwassers erwiesen, da im allgemeinen dem Abwasser durch die Behandlung in diesen Filterkörpern die Fäulnisfähigkeit nicht genommen wurde.

Bei den im Jahre 1900 an derselben Anlage angestellten weiteren Untersuchungen[1]) über die Reinigung des Charlottenburger Abwassers wurden die 3 Versuchskörper aus anderem Material aufgebaut, und zwar diente zur Beschickung der Filter I und III wesentlich feineres Material: für Filter I Gaskoks und für Filter III Steinkohlenschlacke von 3—8 mm durchschnittlicher Korngrösse. Filter II erhielt bei der einen Versuchsreihe (Versuche mit grober Körnung) Holzkohle von 5—10 mm Korngrösse, im anderen Falle verschiedene Schichten des genannten Materials von 1—6 cm bezw. 3—8 mm Körnung.

Auch bei diesen Versuchen war mit wenigen Ausnahmen der Reinigungseffekt recht schwankend, und die Fäulnisfähigkeit konnte dem Abwasser nicht immer genommen werden. Koks hatte sich ebenso wie bei den früheren Versuchen als das geeignetste Filtermaterial erwiesen, während die Holzkohle fast völlig versagte.

In Anbetracht der so verschiedenartigen, an den genannten Versuchsfiltern erzielten Ergebnisse erwuchs der im April 1901 gegründeten Prüfungsanstalt gemäss ihrer Geschäftsanweisung die Pflicht, in eine systematische Prüfung dieser Verhältnisse nach einheitlichen

1) Vierteljahrsschrift f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 1901. Bd. XXI. Suppl.

Gesichtspunkten (wie es auch bei den Tempelhofer Versuchen[1]) geschah) einzutreten, d. h. unter Verwendung eines gleichartigen Materials durch Versuche festzustellen, ob sich das (aus einem Mischsystem stammende) Charlottenburger Abwasser, welches neben rein häuslichen Abwässern die verschiedenartigsten Fabrikabwässer enthält und dadurch einen von gewöhnlichen Hausabwässern abweichenden Charakter annimmt, durch eine entsprechende Aenderung des Aufbaues der Filterkörper und der Betriebsweise derselben in befriedigender Weise reinigen lasse.

Aus diesen Gesichtspunkten heraus wurden die Filterkörper aus einheitlichem Material und in einheitlicher Korngrösse hergestellt und die Versuche, nachdem sich die Körper eingearbeitet hatten, auf eine derartig lange Zeit ausgedehnt, dass die Ergebnisse eine Konstanz bezüglich des erreichten Reinheitsgrades aufwiesen und dadurch bindende Schlüsse hinsichtlich desselben zuliessen.

Zwecks vergleichsweiser Prüfung der nachstehend beschriebenen Versuchskörper und der deshalb zu stellenden Forderung der Verwendung eines einheitlichen Rohwassers für die Beschickung derselben konnte bei den in Rede stehenden Versuchen die bereits erwähnte Versuchsanlage nicht in Frage kommen, da der als Aufspeicherungsraum auf der Anlage vorhandene Holzbottich nicht ausreichte, um die 3 Filterabteilungen derselben aus ihm zu füllen. Aus diesem Grunde wurden besondere Versuchskörper aus Petroleumfässern[2]) hergerichtet, in welche nachstehende Filtermaterialien eingebracht wurden:

Versuchskörper a: Steinkohlenschlacke,
" c: Koks,
" e: Kies,
" g: Ziegel (Klamotten).

Vor dem Einbringen in die Filterkörper wurden diese Materialien durch Waschen mit reinem Wasser (Grundwasser) und Absieben in entsprechender Weise vorbereitet. Um die bei den früheren Versuchen fast immer beobachteten Trübungen und den sog. Schleier in den Abflüssen aus den Oxydationskörpern, welche von mancher Seite zu einer

1) Dieses Heft, S. 127 ff.

2) Bezüglich der Gesichtspunkte für die Versuchsanstellung, des Betriebes und der Probeentnahme siehe die über die Tempelhofer Versuche gemachten Mitteilungen (dieses Heft, S. 132).

Digitized by Google

ungünstigen Beurteilung des Verfahrens geführt hatten, nach Möglichkeit zu entfernen, wurden bei den vorliegenden Versuchen die Abflüsse aus den genannten (primären) Körpern noch einer Sandnachbehandlung (in sekundären Körpern) unterworfen. Der hierzu dienende Sand wurde, ebenso wie die Filtermaterialien, sorgfältig durch Waschen gereinigt und abgesiebt.

Die Untersuchung der zum Aufbau der primären und sekundären Oxydationskörper dienenden verschiedenartigen Materialien ergab folgende Resultate:

Schlacke (Versuchskörper a):

Korngrösse . 2—4 mm = 5 %
„ . 4—7 mm = 76 %
„ . 7—8 mm = 19 %
Gehalt an Eisen (Fe_2O_3) = 2,11 %
„ „ Kalk (CaO) = 1,06 %

Koks (Versuchskörper c):

Korngrösse . 2—4 mm = 2 %
„ . 4—7 mm = 71 %
„ . 7—8 mm = 27 %
Gehalt an Eisen (Fe_2O_3) = 5,16 %
„ „ Kalk (CaO) = 8,32 %

Kies (Versuchskörper e):

Korngrösse . 2—4 mm = 6 %
„ . 4—7 mm = 75 %
„ . 7—8 mm = 19 %
Gehalt an Eisen (Fe_2O_3) = 0,75 %
„ „ Kalk (CaO) = 8,46 %

Ziegel (Versuchskörper g):

Korngrösse . 2—4 mm = 3 %
„ . 4—7 mm = 71 %
„ . 7—8 mm = 26 %
Gehalt an Eisen (Fe_2O_3) = 1,50 %
„ „ Kalk (CaO) = 4,36 %

Sand (Versuchskörper b, d, f, h):

Korngrösse . bis 1 mm = 71 %
„ . 1—3 mm = 26 %
„ . über 3 mm = 3 %
Gehalt an Eisen (Fe_2O_3) = 0,40 %
„ „ Kalk (CaO) = 0,09 %

Digitized by Google

Die 4 aus feinkörnigem Material hergestellten primären Oxydationskörper a (Schlacke), c (Koks), e (Kies), g (Ziegel) wurden mit je 120 Liter des Materials, und die 4 Körper für die Sandnachbehandlung:

b) Sand nach Schlacke,
d) Sand nach Koks,
f) Sand nach Kies,
h) Sand nach Ziegel

mit je 40 Liter Sand beschickt.

Der Betrieb der solchergestalt zusammengesetzten Anlage begann am 19. Juli 1901 und wurde regelmässig mit Ausnahme der Sonntage bis zum November des genannten Jahres fortgesetzt. Die Oxydationskörper wurden einmal täglich beschickt, und die Dauer des Vollstehens in ihnen belief sich während der ganzen Versuchsperiode auf 4 Stunden, in den Sandkörpern anfänglich auf 1, später, nachdem sich die Körper eingearbeitet hatten, auf $^1/_2$ Stunde.

Das zur Beschickung der Körper dienende Rohwasser wurde dem auf dem Terrain der Versuchskläranlage befindlichen Hydranten entnommen und zwecks Befreiung von den gröbsten Sinkstoffen zunächst in den schon vorher erwähnten ca. 4 cbm fassenden Holzbottich geleitet, in welchem es sich eine halbe Stunde aufhielt. Das so vorbehandelte Rohwasser wurde mittels eines Schlauches auf eine Verteilungsvorrichtung, welche auf den 4 Oxydationskörpern a, c, e, g angebracht war, aufgeleitet. Die Verteilungseinrichtung bestand in einer 5 mal durchbohrten, an den Enden geschlossenen Holzrinne, in deren Durchbohrungen sich verschiebbare Röhren befanden, von denen vier den Zulauf des Rohwassers zu den Oxydationskörpern zu regeln gestatteten, während die fünfte Durchbohrung zur Entnahme der Durchschnittsproben des Rohwassers diente.

Das zu den Versuchen verwandte Abwasser zeigte, wie aus beigefügter Tabelle III ersichtlich, trotzdem es aus einem Mischsystem stammte, eine nicht unerhebliche Konzentration, da die Entnahme der Proben stets zu regenfreien Zeiten vorgenommen wurde. In den meisten Fällen war es stark trübe, und seine Durchsichtigkeit lag im Mittel unter 1 cm; seine Färbung zeigte infolge Beimischung industrieller Abwässer häufige Veränderungen und variierte zwischen grauschwarz, rothbraun und grüngelb.

Der Geruch war stets eigentümlich stark fäkalartig. Schwefelwasserstoff sowie Nitrate und Nitrite konnten in keinem Falle nach-

gewiesen werden. Trotz des halbstündigen Sedimentierens enthielt das auf die Oxydationskörper aufgeleitete Rohwasser noch wesentliche Mengen suspendierter Stoffe. Beim Stehen in offenen und geschlossenen Gefässen ging es unter starker Schwefelwasserstoffbildung in faulige Gärung über. Es handelte sich also bei diesen Versuchen im Gegensatz zu den in der vorhergehenden Arbeit beschriebenen Tempelhofer Versuchen um die Reinigung eines nicht vorgefaulten Abwassers („Oxydationsverfahren").

Zur Beurteilung der Klärwirkung dienten neben der Feststellung der äusseren Beschaffenheit hauptsächlich die Bestimmung des Ammoniaks und organischen Stickstoffes, sowie die Ermittelung der durch Kaliumpermanganat oxydierbaren organischen Substanzen. Auf Nitrate und Nitrite[1]) wurde nur qualitativ geprüft. Sämtliche Abflüsse wurden ferner zwecks Feststellung etwa noch vorhandener fäulnisfähiger Stoffe während einer Dauer von 10 Tagen bei Zimmertemperatur sowohl in offenen wie in geschlossenen Flaschen aufbewahrt und auf die in dieser Zeit vor sich gehenden Veränderungen hin beobachtet.

Versuche mit dem Oxydationskörper a (Schlacke) und dem Sandkörper b.

Durch die Behandlung des Rohwassers in Versuchskörper a wurde zwar die äussere Beschaffenheit wenig beeinflusst, und die Abflüsse zeigten noch öfters stärkere Trübungen; auch der Geruch blieb noch bisweilen schwach fäkalartig, dagegen wurde durch die geübte Behandlung in allen beobachteten Fällen die Fäulnisfähigkeit dem Abwasser genommen.

Die Analysenergebnisse sind aus der beigefügten Tabelle III ersichtlich und lassen erkennen, dass die durchschnittliche Abnahme des Ammoniakstickstoffes (aus den Mittelwerten berechnet) ca. 66 %, des organischen Stickstoffes ca. 42 % und die des Kaliumpermanganatverbrauches ca. 46 % betrug. Beim Stehen klärte sich das Abwasser und nahm einen moorig-erdigen Geruch an.

Die weitere Behandlung der Abflüsse in dem Sandkörper (b), befreite dieselben von allen Sink- und Schwebestoffen. Der Ablauf war stets fast klar und besass einen moorigen Geruch. Nitrate und Nitrite traten stets in erheblichem Maasse auf. Das Ammoniak und die organischen Stickstoffverbindungen, ebenso wie die übrige organi-

1) Vergl. hierüber die vorhergehende Arbeit.

Digitized by Google

sche Substanz erfuhren eine weitere Herabsetzung, so dass das Gesamtergebnis durch die Behandlung des Rohwassers im Schlacke- und Sandkörper sich beim Ammoniakstickstoff im Mittel auf ca. 74 %, beim organischen Stickstoff auf ca. 63 % und beim Kaliumpermanganatverbrauch auf ca. 58 % belief.

Versuche mit dem Oxydationskörper c (Koks) und dem Sandkörper d.

Die mit dem Kokskörper angestellten Versuche ergaben im allgemeinen ähnliche Resultate, wie die mit dem Schlackekörper ausgeführten. In keinem Falle wurde ein Nachfaulen der Abflüsse aus diesem Körper beobachtet. Das Aussehen der Abflüsse aus dem primären Körper war auch hier meist trübe, und der ursprünglich schwach fäkalartige oder dumpfige Geruch ging beim Stehen bald in einen moorigen über; ausserdem klärte sich das Abwasser unter Bildung eines geringen grauen Bodensatzes.

Nitrate und Nitrite konnten stets nachgewiesen werden. Der Gehalt an Ammoniakstickstoff hatte um ca. 45 %, an organischem Stickstoff um ca. 53 % und der Kaliumpermanganatverbrauch um ca. 44 % im Mittel abgenommen.

Die Sandnachbehandlung der Abflüsse aus dem Kokskörper bewirkte eine weitere erhebliche Reinigung. Das Abwasser zeigte zwar noch eine schwache Opalescenz und besass einen modrigen Geruch, klärte sich aber schon bei kurzem Stehen vollkommen. Die weitere Verminderung des Ammoniak- sowie des organischen Stickstoffes ging im Durchschnitt bis zu ca. 63 % und die des Kaliumpermanganatverbrauches bis zu ca. 58 %.

Versuche mit dem Oxydationskörper e (Kies) und dem Sandkörper f.

Ein minder guter Effekt liess sich bei dem mit Kies beschickten Oxydationskörper beobachten. Die Abflüsse aus demselben enthielten meist noch beträchtliche Mengen von Sink- und Schwebestoffen, ihr Geruch war meistens fäkalartig oder faulig, und beim Stehen konnte einige Male das Auftreten von Schwefelwasserstoff nachgewiesen werden. Die Fäulnisfähigkeit konnte also dem Abwasser im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Versuchen mit den Oxydationskörpern a und c (sowie dem noch zu beschreibenden Versuche mit Körper g) nicht in allen Fällen genommen werden.

Was die Stickstoffverbindungen angeht, so wurde der Ammoniakstickstoff um ca. 51 %, der organische Stickstoff um ca. 37 % und der Kaliumpermanganatverbrauch um ca. 30 % herabgesetzt. Nitrate und Nitrite wurden in den Abflüssen zwar auch festgestellt, traten jedoch in einzelnen Fällen nur spurenweise auf.

Das so vorgereinigte Abwasser wurde mittels der Sandnachbehandlung (in Körper f) noch ganz erheblich verbessert. Die Abnahme des Ammoniakstickstoffes erreichte im Mittel die Höhe von ca. 69 %, die des organischen Stickstoffs von ca. 68 % und des Kaliumpermanganatverbrauchs von ca. 55 %. Die Reaktion auf Nitrate und Nitrite war im allgemeinen eine starke. Ein Nachfaulen der Sandabflüsse konnte nur in einem einzigen Falle beobachtet werden.

Versuche mit dem Oxydationskörper g (Ziegel) und dem Sandkörper h.

Die mit Ziegelbrocken angestellten Versuche ergaben gleichfalls gute Resultate. Zwar liessen die äussere Beschaffenheit des geklärten Abwassers, die Klarheit und die Farbe desselben meist zu wünschen übrig — die Abflüsse waren oft noch trübe und gelblich gefärbt —; dagegen war die Verminderung des Ammoniakstickstoffs, des organischen Stickstoffs und des Kaliumpermanganatverbrauchs eine sehr weitgehende und betrug im Durchschnitt ca. 68 %, bezw. ca. 58 %, bezw. ca. 51 %. Nitrate und Nitrite traten mit einer Ausnahme stets und zwar in ziemlich starkem Masse auf. Beim Stehen klärte sich das Abwasser sehr rasch, und eine nachträgliche Fäulnis unter Schwefelwasserstoffbildung konnte an dem eingearbeiteten Körper ebensowenig wie bei den Versuchen a und c bemerkt werden.

Die in dem Sandkörper (h) nachbehandelten Abflüsse zeigten, ebenso wie schon bei den vorhergehenden Versuchen beobachtet worden war, auch in diesem Falle eine weitere Verbesserung. Der Ammoniakstickstoff wurde durchschnittlich noch um weitere 4 % und der Kaliumpermanganatverbrauch noch um ca. 12 % herabgesetzt, so dass also die Verminderung (auf Rohwasser berechnet) beim Ammoniakstickstoff im Mittel ca. 72 %, beim organischen Stickstoff ca. 58 % und beim Kaliumpermanganatverbrauch ca. 63 % betrug.

Vergleichen wir die einzelnen Versuche untereinander, so ergibt sich, dass, wenn sich auch bei den einzelnen Materialien grössere oder geringere Schwankungen bemerkbar gemacht haben, der durchschnitt-

Digitized by Google

liche Reinigungseffekt im allgemeinen bei allen Versuchen ähnliche Werte erreichte.

Die Abflüsse aus den primären Oxydationskörpern zeigten meist noch Trübungen und enthielten öfters noch wesentliche Mengen von suspendierten Stoffen, so dass sich beim Stehen ein geringer Bodensatz und eine leichte Schwimmhaut bildeten; jedoch unterschieden sie sich von dem Rohwasser, welches stets unter Schwefelwasserstoffbildung rasch in stinkende Fäulnis überging, wesentlich dadurch, dass schon innerhalb 2 Tage in den weitaus meisten Fällen der noch bisweilen anhaftende schwach fäkalische resp. dumpfe Geruch verschwand und in einen moorigen oder erdigen überging. Die nachträgliche Bildung von Schwefelwasserstoff konnte nur einige Male bei Abflüssen aus dem mit Kies beschickten Oxydationskörper nachgewiesen werden; d. h. bei diesem Körper war der Abbau der im Wasser vorhandenen fäulnisfähigen Substanzen nicht so weit vorgeschritten, dass nicht doch noch eine nachträgliche Fäulnis eintreten konnte. Dagegen war bei den Abflüssen aus dem Schlacke-, Koks- und Ziegelkörper ein Nachfaulen nicht zu bemerken. Im Gegensatz zu den Abflüssen aus dem Kies- bezw. Ziegelkörper konnte bei dem Schlacke- und Kokskörper ferner beobachtet werden, dass die Färbungen, welche das Rohwasser infolge der eingangs erwähnten Beimischung industrieller Abwässer häufig aufwies, ihm bei der Behandlung in den letztgenannten beiden Versuchskörpern fast immer genommen, also von diesen Materialien lebhafter zurückgehalten wurden, als von dem Kies bezw. den Ziegelbrocken.

Was die Stickstoffverbindungen angeht, so konnten mit nur wenigen Ausnahmen bei allen Versuchskörpern, auch bei den primären, stets Nitrate und Nitrite in den Abflüssen nachgewiesen werden; Reduktionserscheinungen, wie sie z. B. bei den Tempelhofer Versuchen beobachtet wurden, waren hier also fast nie eingetreten. Die Erklärung hierfür ist leicht und zwar darin zu finden, dass bei den Westender Versuchen stets mit verhältnismässig frischem, von Schwefelwasserstoff freiem Abwasser und nicht wie in Tempelhof mit vorgefaultem, reichliche Mengen Schwefelwasserstoff enthaltendem Abwasser gearbeitet wurde. Der Ammoniakstickstoff erfuhr die grösste Herabsetzung durch die Behandlung des Abwassers in dem Ziegelkörper mit ca. 68 % und im Schlackekörper mit etwa 66 %, während der Kies- und der Kokskörper mit etwa 51 % resp. 45 % in dieser Beziehung die geringere Wirkung aufzuweisen hatten. Die Abnahme des organi-

Digitized by Google

schen Stickstoffs ist wiederum bei dem Ziegelkörper mit ca. 58 % am grössten, dann folgen der Kokskörper mit ca. 53 %, der Schlackekörper mit ca. 42 % und den niedrigsten Effekt mit nur etwa 37 % zeigte der mit Kies beschickte Oxydationskörper.

Auch betreffs der Herabsetzung des Kaliumpermanganatverbrauches steht der Ziegelkörper in seiner Wirksamkeit an erster Stelle; durch den Aufenthalt in ihm wurden aus dem Rohwasser ca. 51 % der oxydierbaren organischen Substanzen entfernt; an zweiter Stelle folgt der Schlackenkörper mit ca. 46 %, welchem der Kokskörper mit ca. 44 % sehr nahe steht, und den geringsten Effekt weist wiederum der Kieskörper mit ca. 30 % auf.

Bei einer Klassifikation der untersuchten Materialien nach ihrer Wirkung auf Grund vorstehender mit dem Charlottenburger Abwasser angestellter Versuche nehmen also, wenn man nur den durch die chemische Analyse ermittelten Rückgang des organischen und des Ammoniakstickstoffs sowie der Oxydierbarkeit in Betracht zieht, die erste Stelle die Ziegelbrocken ein, dann folgt die Steinkohlenschlacke, welcher der Koks sehr nahe steht, und die letzte Stelle nimmt der Kies ein.

Die durch die Sandnachbehandlung erzielten Reinigungseffekte zeigen, dass auf diese Weise dem in den primären, aus feinkörnigem Material bestehenden Oxydationskörpern vorbehandelten Abwasser nicht nur die suspendierten Stoffe, und zwar vollständig, entzogen werden, sondern dass auch eine weitergehende, oft ganz bedeutende Herabsetzung der gelösten Stoffe stattfindet. Diese Wirkung war bei einzelnen der verwendeten Sandkörper eine so grosse, dass, wie z. B. bei dem die Kiesabflüsse aufnehmenden Körper, der Mindereffekt des primären Körpers durch die gute Wirkung des Sandkörpers vollkommen ausgeglichen wurde.

Betreffs der quantitativen Leistungsfähigkeit der aus feinem Material aufgebauten (primären) Oxydationskörper soll hier nur kurz ausgeführt werden, dass dieselbe innerhalb der 4 Monate umfassenden Versuchsperiode trotz des an suspendierten Stoffen reichen Abwassers entweder garnicht oder nur um wenige Prozente abgenommen hatte.

Hinsichtlich der nachgeschalteten Sandkörper machte sich im Laufe des Betriebes ein Nachlassen der quantitativen Leistungsfähigkeit allmählich bemerkbar, das aber durch Auflockern der Sandoberfläche leicht behoben werden konnte.

Vergleicht man die durch die vorstehend geschilderten Versuche erlangten Ergebnisse mit denen, welche seitens der staatlichen Sachverständigen-Kommission an der früheren Anlage gewonnen wurden, so ergibt sich im Gegensatz zu den letzteren nicht nur eine Konstanz bezüglich des Kläreffektes, sondern auch andererseits inbetreff der Oxydationskörper aus Schlacke, Koks und Ziegel die bemerkenswerte Tatsache, dass es durch die geübte Behandlung in allen Fällen, hinsichtlich des Kieskörpers in sehr vielen Fällen, gelang, dem Abwasser seine Fäulnisfähigkeit zu nehmen. Die von den früheren abweichenden Ergebnisse erklären sich durch die Verwendung von anderem und zwar von einheitlichem feinkörnigem Material, bei welchem vermieden wurde, dass durch den Zusatz gröberen Kornes der durch das feine Korn erreichte Effekt wieder herabgesetzt wurde.

Druck von L. Schumacher in Berlin.

Digitized by Google

…ergebnisse de…

	Sand (b)		
…	Minimal-	Maximal-	…
	wert		
…2	0	0	
…1	0	0	
…	1031	1104	1…
…5	914	924	
…3	107	190	
…2	2	27	
…1	6	8	
…en			ha…
…en			ha…
…3	142	244	

Digitized by Google

Digitized by Google

Mitteilungen

aus der

Königlichen Prüfungsanstalt

für

Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung

zu Berlin.

Herausgegeben

von

Dr. A. Schmidtmann,
Prof., Geh. Ober-Med.- u. vortr. Rat im Kgl. Preuss. Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, Anstaltsleiter.

und

Dr. Carl Günther,
Geh. Med.-Rat, a. o. Professor der Hygiene an der Universität, Anstaltsvorsteher.

Heft 3.

Mit 46 photolithographischen Tafeln.

BERLIN, 1904.
VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD
NW. UNTER DEN LINDEN 68.

Digitized by Google

Die
Abwasserreinigung in England

dargestellt

auf Grund einer in der Zeit vom 23. Januar bis 15. Februar 1903 ausgeführten Besichtigungsreise.

Von

A. Bredtschneider,
Stadtbaurat in Charlottenburg.

und

Dr. K. Thumm,
Mitglied der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin.

Mit 46 photolithographischen Tafeln.

BERLIN 1904.
VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD
NW. UNTER DEN LINDEN 68.

Alle Rechte vorbehalten.

Inhalt.

Seite

Die in vorliegender Arbeit gebrauchten technischen Bezeichnungen: Umrechnungstabelle der einzelnen Masse und Gewichte in deutsche Werte . . 1

Kapitel I.

Veranlassung und Zweck der Reise: ihre Vorbereitung.

Reisezweck 5
Reiseplan 5
Reiseausrüstung 6
Behörden 6

Kapitel II.

Allgemeines über englische Verhältnisse.

Geologisches 7
Regenhöhen 8
Oeffentliche Wasserläufe 8
Klima 8
Landwirtschaft 10
Wälder 10
Städtebild 11
Stadtatmosphäre 11
Strassenverkehr 12
Hausmüll 12
Müllverbrennung 12
Städtische Unternehmungen 13
Hygienisches 14
Abwässerreinigung 14
Gesetzliches 15
Aufsichtsbehörden 16
Local Government Board 16
Conservancy Boards 17
Surveyor 20
Bestimmungen des Local Government Board 20
Royal Commission on Sewage Disposal 24

Kapitel III.

Die Vorgänge im Faulraum und im biologischen Körper; die chemischen und bakteriologischen Untersuchungsmethoden: Beurteilung des Reinigungseffektes.

A. Die Vorgänge im Faulraum und im biologischen Körper 26
Auffassung in England 26
Auffassung in Deutschland 27

Digitized by Google

Seite

B. Englische und deutsche Untersuchungsmethoden 28
Physikalische Eigenschaften eines Abwassers, Chloride, Nitrate, Nitrite 28
Ammoniak 28
Sauerstoff- und Kaliumpermanganatverbrauch 29
Organischer Stickstoff, Albuminoidammoniak 29
Vergleich der englischen Methoden mit den deutschen . . . 30
Chemischer Reinigungseffekt 32
Fäulnisfähigkeit 32
Schwebestoffe 33
Bakteriologische Untersuchungen 34
Biologische Untersuchung 35
Fischversuche 36

Kapitel IV.

Beschreibung der besichtigten Anlagen.
A. Allgemeines 36
B. Beschreibung der Anlagen im Einzelnen 39
1. Sutton 39
Allgemeines 39
Zubringer 39
Alte Reinigungsanlage 40
Neue Reinigungsanlage 40
Vorreinigung 41
Faulraum und Schlamm 41
Füllbecken 41
Obere Stufe 42
Untere Stufe 42
Verschlammung der Füllkörper 42
Selbsttätige Zuleitung zu den Füllbecken 43
Selbsttätige Entleerung der Füllbecken 43
Beschickung der Füllbecken 44
Reinigungserfolg 44
Vorflut 45
Kosten 45
2. London (Barking) 46
Allgemeines über die Kanalisation von London 46
Die Reinigungsanlage in Barking 48
Beschaffenheit des Rohwassers 48
Chemikalien 49
Klärbecken 49
Reinigungserfolg 50
Schlamm 50
Schlammschiffe 51
Kosten 52
Die Versuche in Barking 52
Geschichtliches 52
Versuchsanstellung 54
Versuchsergebnisse 54
„One acre bacteria bed" 55
3. Hendon 57
Allgemeines 57
Zubringer 58
Chemikalien und Klärbecken 58
Filterbecken 60
Füllbecken 60
Schlamm 62

Seite
Reinigungserfolg . . . 62
Kosten . . . 63
4. Wealdstone . . . 63
Allgemeines . . . 63
Abflussmengen . . . 64
Zubringer . . . 64
Sturmwasserfilter . . . 64
Absitzbrunnen . . . 65
Schlamm . . . 65
Tropfbecken . . . 66
Sprinkler . . . 66
Intermittierende Filtration . . . 68
Reinigungserfolg . . . 68
Betrieb . . . 69
Kosten . . . 69
5. Caterham (Kaserne) . . . 70
Allgemeines . . . 70
Absitzbecken . . . 70
Faulraum . . . 70
Tropfkörper . . . 71
Sprinkler . . . 71
Betrieb . . . 72
Schlamm . . . 73
Kosten . . . 73
Reinigungserfolg . . . 73
6. Manchester . . . 76
Allgemeines über die Kanalisation von Manchester . . . 76
Allgemeines . . . 76
Fabrikwasser . . . 76
Kanalisationsnetz . . . 77
Abflussmengen . . . 77
Vorflut . . . 77
Zubringer . . . 78
Die alte Reinigungsanlage von Manchester . . . 78
Sandfang . . . 78
Chemische Zuschläge . . . 78
Klärbecken . . . 79
Reinigungserfolg . . . 79
Schlamm . . . 79
Kosten . . . 80
Die Versuche in Manchester . . . 80
Versuche . . . 80
Entwurf für eine neue Reinigungsanlage . . . 82
Die neue Reinigungsanlage von Manchester . . . 82
Sandfang . . . 82
Faulbecken . . . 82
Füllbecken der oberen Stufe . . . 83
Füllbecken der unteren Stufe . . . 85
Behandlung auf Land . . . 86
Sturmwasserbecken . . . 86
Flächengrössen . . . 87
Betrieb . . . 87
Kosten . . . 88
Fortschritte im Bau der Füllbecken . . . 89
Leistungsfähigkeit der Füllbecken . . . 89
Reinigungserfolg in den Füllbecken . . . 89
Fortschritt im Bau der Sturmwasserbecken . . . 90
Reinigungserfolg in den Sturmwasserbecken . . . 91

Digitized by Google

Seite
Die Ergebnisse aus den Versuchsanlagen 92
7. Salford 94
Allgemeines über die Kanalisation von Salford 94
Mischsystem 95
Abflussmengen 95
Fabrikwasser 95
Beschaffenheit des Abwassers 95
Zubringer 95
Die alte Reinigungsanlage von Salford 96
Gitter 96
Chemische Zuschläge 96
Klärbecken 96
Schlamm 96
Kosten 97
Die Versuche in Salford 97
Missstände 97
Elektrolytisches Verfahren 98
Rieselei 98
Füllverfahren 98
Internationales Tropfverfahren 99
Verteilung des Wassers auf die Tropfkörper 99
Höhe der Tropfkörper 100
Einfluss des Schlamms in den Klärbecken auf den Reinigungserfolg 101
Chemische Zuschläge 101
Die neue Reinigungsanlage von Salford 101
Klärbecken 101
Schlamm 102
Grobfilter 102
Tropfkörper 103
Verteilung auf die Tropfkörper 104
Betrieb 105
Chemische Zuschläge 105
Reinigungserfolg 105
Kosten 106
8. Swinton 106
Allgemeines 106
Mischsystem 107
Zubringer 107
Gitter 107
Chemische Zuschläge 107
Klärbecken 108
Schwimmerarm 108
Schlamm 109
Füllbecken 109
Tropfverfahren 110
Selbsttätige Apparate zum Entleeren der Füllbecken 111
Selbsttätige Apparate zum Füllen der Füllbecken 112
Sturmwasserbecken 115
Betrieb 115
Reinigungserfolg 115
Kosten 116
9. Oldham 116
Allgemeines 116
Zubringer 117
Gitter 117
Frühere Art der Vorbehandlung 117
Absitzbecken 118

Digitized by Google

	Seite
Schlamm	119
Füllbecken	119
Reinigungserfolg	121
Betrieb	122
Kosten	122
Versuche	123
10. Heywood	124
Allgemeines	124
Zubringer	125
Chemische Zuschläge	125
Klärbecken	125
Schlamm	126
Behandlung auf Land	127
Füllbecken	127
Reinigungserfolg	128
Vorflut	129
Kosten	129
Entwurf für eine neue Reinigungsanlage	129
Faulbecken	130
Tropfkörper	130
Nachbehandlung der Tropfkörperabflüsse	130
Kosten	131
11. Accrington	131
Allgemeines	131
Alte Reinigungsanlage	132
Neue Reinigungsanlage	132
Faulbecken	133
Schlamm	133
Tropfkörper	134
Sprinkler	135
Reinigungserfolg	136
Sturmwasser	138
Kosten	138
Versuche mit feststehenden Sprinklerröhren	139
12. Chorley	139
Allgemeines	139
Zubringer	140
Chemische Zuschläge	141
Klärbecken	141
Schlamm	142
Schlachthaus- und Gerbereiabwässer	143
Künstliche Filter	143
Filterwäsche	145
Reinigungserfolg	146
Kosten	146
13. York	147
Allgemeines	147
Abflussmengen	147
Hebewerk	148
Beschaffenheit des Rohwassers	148
Chemische Zuschläge	149
Klärbecken	149
Schlamm	149
Kosten	149
Versuche	150
Versuche mit Tropfkörper I	151
Aufbau des Tropfkörpers I	151
Fliegen und Würmer	152

Seite
Einfluss der Lufttemperatur . . . 152
Reinigungserfolg . . . 152
Betrieb des Tropfkörpers I . . . 153
Kosten . . . 154
Offenes Faulbecken . . . 154
Versuche mit Tropfkörper II . . . 154
14. Leeds (Knostrop) . . . 156
Allgemeines über die Kanalisation von Leeds . . . 156
Rodley Sewage Works . . . 157
Fabrikwasser . . . 157
Abflussmengen . . . 158
Die Reinigungsanlage in Knostrop . . . 158
Gitter . . . 158
Chemische Zuschläge . . . 158
Klärbecken . . . 158
Schlamm . . . 159
Reinigungserfolg . . . 159
Kosten . . . 159
Die Versuche in Knostrop . . . 160
Missstände . . . 160
Allgemeines über die Versuchsanstellung und die erlangten Ergebnisse . . . 160
a) Versuche über die Vorbehandlung des Abwassers . . . 161
Offene Faulbecken . . . 161
Absitzbecken . . . 162
Geschlossene Faulbecken . . . 163
Klärbecken . . . 163
b) Versuche mit dem Füllverfahren . . . 163
Dibdinfilter . . . 163
Manchesterfilter . . . 164
Cameronfilter . . . 165
c) Versuche mit dem Tropfverfahren . . . 165
Whittakerfilter . . . 165
Leedsfilter . . . 167
Ducatfilter . . . 168
d) Kontrolle der Versuchsanlagen . . . 170
Chemische Untersuchung . . . 170
Biologische Untersuchung . . . 170
15. Birmingham . . . 171
Allgemeines . . . 171
Vorflut . . . 172
Mischsystem . . . 172
Fabrikwasser . . . 172
Zubringer . . . 173
Absitzbecken . . . 174
Schlamm . . . 174
Faulbecken . . . 175
Zuleitung zum Rieselfeld . . . 176
Rieselfeld . . . 177
Reinigungserfolg . . . 178
Kosten . . . 178
Versuche . . . 179
Füllverfahren . . . 179
Tropfverfahren . . . 180
16. Tipton . . . 181
Allgemeines . . . 181
Chemische Zuschläge . . . 182
Klärbecken . . . 182

Digitized by Google

Seite

Schlamm 182
Versuchsanlagen 182
Lowcockfilter 183
Garfieldfilter 183
17. Lichfield 184
Allgemeines 184
Chemische Zuschläge 184
Klärbecken 185
Schlamm 185
Intermittierende Filtration 185
Tropfbecken 186
Sprinkler 187
Betrieb 187
Reinigungserfolg 187
Sturm- und Notauslasswasser 188
Kosten 188
18. Horfield 189
Allgemeines 189
Gitter 190
Chemische Zuschläge 190
Dortmundbrunnen 190
Schlamm 191
Reinigungserfolg der Dortmundbrunnen 191
Polaritefilter verlassen 191
Stoddartfilter 192
Reinigungserfolg 193
Betrieb 193
Kosten 194
Sechs Tabellen als Anlagen zu Kapitel IV.

Kapitel V.

Vergleichende Besprechung der Reiseerfahrungen.
Entwickelung der Abwasserreinigungsfrage 195
In England 195
In Deutschland 196
Abwasser 197
Zubringer 200
Lage der Reinigungsanlagen 200
Einfluss der Temperatur 201
Einfluss des Frostes 201
Schutz der Anlagen gegen Versandung 202
Geruchsbelästigung 202
Mücken- und Fliegenplage 202
Die einzelnen Teile einer Reinigungsanlage 203
a) Die Beseitigung der groben Schwimmstoffe 203
b) Die Beseitigung der schweren Sinkstoffe 204
c) Chemikalien 205
d) Die Vorbehandlung des Abwassers in Becken oder Brunnen . . . 207
Brunnen oder Becken 207
Fassungsraum 208
Abmessungen 209
Betrieb 209
Schaum 210
Faulbecken 211
Schlammverzehrung 212
Bedeckte Faulbecken 213
Betrieb der Becken 214
e) Schlamm 214

Digitized by Google

Seite
Schlammbeseitigung . . . 215
Filter statt Becken . . . 216
f) Die biologische Reinigungsanlage . . . 217
1. Das Füllverfahren . . . 217
Ein- und zweistufige Füllbecken . . . 217
Körpermaterial . . . 218
Porenvolumen . . . 220
Beanspruchung der Füllbecken . . . 222
Abmessungen der Füllbecken . . . 222
Zuführung des Wassers . . . 223
Verteilung des Wassers . . . 223
Ableitung des Wassers . . . 224
Zuführung der Luft . . . 224
Betrieb . . . 225
2. Filterbecken . . . 226
3. Das Tropfverfahren . . . 227
Körpermaterial . . . 227
Beanspruchung der Tropfkörper . . . 228
Aufbau der Tropfkörper . . . 228
Zuführung des Wassers . . . 229
Verteilung des Wassers . . . 230
Ableitung des Wassers . . . 231
Zuführung der Luft . . . 231
Betrieb . . . 232
4. Vergleich zwischen Füll- und Tropfverfahren . . . 234
g) Einrichtungen zur Nachbehandlung des Abwassers . . . 235
Nachbehandlung auf Land . . . 236
Künstliche Filter . . . 236
h) Behandlung des Dünn- und Sturmwassers . . . 237
Behandlung des Dünnwassers . . . 237
Behandlung des Sturmwassers . . . 237
Baukosten . . . 238
Betriebskosten . . . 239
Rieselfelder . . . 239
Betrieb . . . 239
Absondern des Schlammes . . . 240
Vergleich zwischen dem biologischen und dem Rieselverfahren . . . 244
Anhang.
A. Verzeichnis und kurze Charakterisierung der in dem Berichte behandelten biologischen Systeme . . . 248
B. Literatur . . . 250

Digitized by Google

Einleitung.

Die in vorliegender Arbeit gebrauchten technischen Bezeichnungen; Umrechnungstabelle der englischen Masse und Gewichte in deutsche Werte.

Auf dem Gebiet der Abwässerreinigung sind in der einschlägigen Literatur keine einheitlichen, unzweideutigen Bezeichnungen und Benennungen im Gebrauch, was nicht selten zu Irrtümern und Missdeutungen Veranlassung gibt. Wir schicken deshalb die in vorliegender Arbeit benutzten Begriffsbezeichnungen einleitend hier voraus.

Unter dem „biologischen Verfahren" verstehen wir[1]) ganz allgemein die Reinigung des Abwassers in aufgeschichtetem, körnigem Material (Kies, Steinstücke, Kohlen, Schlacken, Koks u. s. w.); die aus derartigem Material aufgebauten Körper bezeichnen wir kurzweg als „biologische Körper".

Wird im biologischen Verfahren das Abwasser in einzelne Strahlen oder Tropfen aufgelöst auf die Oberfläche des Materials aufgegossen und gelangt es nach dem Durchsickern des Materials direkt zum Abfluss, so bezeichnen wir dieses Verfahren mit „Tropfverfahren" und das aufgeschichtete Material mit „Tropfkörper" oder „Tropfbett", sowie die Becken, in welchen das Material aufgeschichtet ist, mit „Tropfbecken". Wird das Wasser nicht sofort zum Abfluss gebracht, sondern in dem Becken, in welchem das Material untergebracht ist, aufgespeichert und erst abgelassen, nachdem es eine Zeit lang gestanden hat, so sprechen wir von „Füllverfahren", „Füllkörper", „Füllbett", „Füllbecken".

---

1) Wir bedienen uns hier des Begriffes „biologisches Verfahren" als des gebräuchlichen, wollen aber keineswegs damit sagen, dass „biologische" Vorgänge ausschliesslich bei der Reinigung des Abwassers durch das in Rede stehende Verfahren in Frage kommen.

Unter „Sprinkler", „Sprinklerröhren" verstehen wir die zur Verteilung des Abwassers über Tropfkörper dienenden durchlochten Röhren und unterscheiden hier bewegliche und feststehende Sprinkler bezw. Sprinklerröhren.

Die Begriffe „filtrieren", „Filterkörper", „Filter" benutzen wir in den Fällen, in welchen entweder, wie z. B. bei der Sandfiltration des Trinkwassers, unter Ueberstauung und unter Luftabschluss des Materials ein ununterbrochener Abfluss aus dem künstlich aufgebauten Körper statt hat oder auch das Abwasser in breitem Strome ohne Rücksichtnahme auf gleichzeitige Lüftung durch den künstlich hergestellten Körper hindurchströmt.

Mit „Rieseler" bezeichnen wir eine Aufschichtung von geformten oder ungeformten Stücken (Ziegelsteine, Koks, Holzklötze, Bretter u. s. w.), welche zur Enteisenung des Trinkwassers dient.

Unter „Rieselei", „Berieselung" soll das Verfahren zur Reinigung des Abwassers auf Rieselfeldern unter gleichzeitiger landwirtschaftlicher Ausnutzung des Grund und Bodens, unter „intermittierender Filtration" gleichfalls das Verfahren zur Reinigung des Abwassers auf Rieselfeldern aber unter Verzichtleistung auf gleichzeitige landwirtschaftliche Ausnutzung bezeichnet werden.

Die zur Vorreinigung der Abwässer benutzten Beckeneinrichtungen bezeichnen wir als „Absitzbecken" in den Fällen, in welchen das Abwasser nur in rein mechanischer Weise, als „Klärbecken", wenn es unter Chemikalienzusatz, in beiden Fällen aber unter tunlichster Vermeidung von Faulprozessen[1]), also bei regelmässiger, in kurzen Zeitperioden erfolgender Entfernung der abgeschiedenen Schlammmassen, einer Vorbehandlung unterzogen wird. Sind Fäulnisprozesse beabsichtigt, d. h. werden die Becken ohne regelmässige Entfernung der angesammelten Schlammmassen betrieben, so sprechen wir von „Faulbecken", gleichgiltig ob vorher ein Chemikalienzusatz stattgefunden hat oder nicht. Finden Brunnenanlagen zur Vorreinigung

1) Unter einem Fäulnisprozess ist der Abbau der stickstoffhaltigen organischen Substanzen unter Abwesenheit von Sauerstoff zu verstehen. Der Fäulnisprozess entsteht nach genügend langem Verweilen in einem offenen oder abgeschlossenen Behälter und wird befördert durch Zusatz stark faulender Substanzen, namentlich von faulendem Schlamm, den man dem Wasser entweder zusetzen kann oder über welchen man das Wasser leitet. Faulbecken unterscheiden sich daher von den Absitzbecken nicht so sehr durch die Dauer des Aufenthalts des Wassers, als vielmehr durch die Anwesenheit von stark faulendem Schlamm.

Digitized by Google

des Abwassers Verwendung, so sprechen wir sinngemäss von „Absitz- oder Klärbrunnen“.

Sowohl die Absitz-, Klär- und Faulbecken bezw. -brunnen, wie auch die Tropf- und Füllkörper können entweder „nebeneinander“ oder „hintereinander geschaltet“ sein oder „betrieben“ werden, je nachdem das Wasser nur in einem Körper oder in einem Becken behandelt wird oder der Reihe nach mehrere durchströmt. Der Betrieb der Becken und Körper kann entweder ein „unterbrochener“ oder „ununterbrochener“ sein, je nachdem sie nach dem jedesmaligen Gebrauch abgelassen werden oder das Wasser ohne Unterbrechung durch dieselben hindurchgeleitet wird.

„Trennsystem“, „Trennverfahren“ ist eine Kanalisation im Innern des Orts, deren Leitungsnetz lediglich zur Aufnahme und Abführung von Haus- und Brauchwasser dient; „Mischsystem“ oder „Mischverfahren“ ist dagegen eine solche Kanalisation, deren Leitungsnetz auch Regenwasser aufzunehmen bestimmt ist. „Trockenwetterabfluss“ ist im Mischverfahren der Abfluss bei regenloser Zeit; „Mischwasser“ ist der mit Regenwasser verdünnte Trockenwetterabfluss. Mit „Dünnwasser“ soll das Mischwasser bezeichnet werden, welches in normalem Betrieb auf der Reinigungsanlage behandelt wird; „Sturmwasser“, „Sturzregenwasser“ ist Mischwasser, welches zwar auf der Reinigungsanlage gereinigt wird, aber nicht mehr in normalem Betriebe, sondern in besonderen, für diesen Zweck hergestellten Anlagen; „Notauslasswasser“ endlich ist Mischwasser, welches ungereinigt den öffentlichen Wasserläufen zugeführt wird.

Bei der Umrechnung der englischen Maasse, Gewichte etc. gelangten folgende deutsche Werte in Anwendung:

1 inch	= 25,4 mm
1 foot, ft. (12 inches) . . .	= 0,305 m
1 yard (3 feet)	= 0,914 m
1 mile	= 1,61 km
1 square foot	= 0,093 qm
1 „ yard (9 sq. feet) . .	= 0,836 qm
1 acre (4840 sq. yards) . . .	= 0,405 ha
1 cubic foot	= 28,32 l
1 gallon	= 4,54 l

1 pound, lb., (16 ounces) . .	= 0,454 kg
1 ounce, oz., (16 drams) . .	= 28,3 g
1 grain, gr.	= 59 mg
1 ton, t	= 1016 kg

1 pound sterling £ (20 shillings) .	= 20,43 M
1 shilling, s, (12 d)	= 1,02 M
1 penny, d	= 8,5 Pf.

1 gallon per square yard	= 5,43 l pro 1 qm
1 000 000 gallons per acre	= 1 cbm pro 1,12 qm
1 grain per gallon . .	= 14,3 mg pro 1 l
1 £ per 1000000 gallons	= 4,5 M pro 1000 cbm.

Kapitel I.

Veranlassung und Zweck der Reise; ihre Vorbereitung.

Die Königlich Preussische Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung in Berlin ist seit ihrer Begründung im April 1901 gemäss ihrer Geschäftsanweisung u. A. in eine planmässige wissenschaftlich-technische Prüfung der verschiedenen, zur Reinigung von Abwässern Verwendung findenden Methoden, insbesondere des sog. biologischen Reinigungsverfahrens eingetreten und hat einen Teil des bislang ermittelten in verschiedenen Veröffentlichungen in Heft 1 und 2 ihrer Mitteilungen niedergelegt. Im Rahmen dieser der Anstalt gestellten Aufgabe bewegt sich die zu Beginn des Jahres 1903 ausgeführte Reise nach England zum Studium der daselbst geübten Art der Abwässerreinigung. Sie entfällt unter die Aufgaben, welche von der Versuchsanstalt unter Mitwirkung und Unterstützung des „Vereins für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung“ vorgenommen werden[1], und wurde mit Unter-

1) Vergl. Heft 1 der Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, herausg. v. Schmidtmann und Günther. Vorwort. S. 24—28. — Die „zum Studium und Bericht über die im Bau und im Betrieb befindlichen biologischen Kläranstalten“ ausgeführte Reise nach England war von dem vorgesetzten Herrn Minister unter dem 26. Mai 1902 als gemeinsame Arbeit genehmigt worden.

Digitized by Google

stützung des genannten Vereins und der Stadt Charlottenburg ausgeführt.

Die Reise bezweckte neben dem Studium des allgemeinen Standes der Abwasserreinigungsfrage vorwiegend die Prüfung des biologischen Verfahrens. Es handelte sich darum, den zeitigen Stand dieser Reinigungsmethode und die Art ihrer Anwendung in England, nämlich in demjenigen Lande, in welchem das Verfahren zuerst Verwendung und allgemeinere Verbreitung gefunden hat, festzustellen und zu untersuchen, ob das System daselbst derartig durchgebildet und erprobt ist, dass es anstandslos in den deutschen Landen auch im Grossbetriebe angewandt werden kann. Die Kürze der verfügbaren Zeit machte es notwendig, das Studium des biologischen Verfahrens und seiner Wirkung im wesentlichen auf die städtischen Abwässer zu beschränken und die gewerblichen Abwässer dabei nur soweit zu berücksichtigen, als sie als Teil in den städtischen Abflüssen in Betracht kamen. Reisezweck.

Zur Lösung dieser Aufgabe waren an erster Stelle Reinigungsanlagen zu wählen, welche die einzelnen Unterarten des biologischen Verfahrens in typischen Beispielen zeigten und bei denen es sich nicht um Versuchsanlagen, sondern um definitive Einrichtungen handelte, d. h. solche, welche auf die Reinigung der Gesamtmenge des städtischen Abwassers in normalem Betriebe eingerichtet waren. Neben dieser Art von Anlagen waren aber auch solche auszusuchen, in denen unter Verwendung ein und desselben Abwassers die verschiedensten Systeme einer vergleichenden Prüfung unterzogen wurden, da die Besichtigung derartiger Anlagen, auch wenn in ihnen relativ nur geringe Mengen von Abwasser gereinigt werden, für die Entwickelung und individuelle Gestaltung der einzelnen Abarten der biologischen Anlagen wertvolles Material darbietet.

Die von diesen Gesichtspunkten geleitete Aufstellung unseres Reiseplanes erfolgte teils an der Hand eines eingehenden Studiums der uns zur Verfügung stehenden Literatur[1]), teils an der Hand eingezogener Erkundigungen in England, welche uns in dankenswerter Weise von den Herren Clowes (London), G. J. Fowler (Manchester), Mawbey (Leicester), Roscoe (London), Scudder (Manchester) u. a. gegeben worden sind. Reiseplan.

Die Anlagen waren so auszuwählen, dass durch ihr Studium ein tunlichst umfassendes, nach allen Richtungen möglichst abschliessendes

1) Siehe das Literaturverzeichnis am Schluss dieser Arbeit.

Bild über die verschiedenen Richtungen zu gewinnen war, sowohl in Bezug auf die Anordnung der Absitz- und Faulbecken und der Reinigungsbecken und -Körper, als auch in Bezug auf die Art der Wasserbeschickung und Wasserverteilung.

Die von uns für die Besichtigung als zweckdienlich hiernach ausgewählten Städte bezw. die von uns besichtigten einzelnen Systeme des biologischen Verfahrens sind aus Kapitel IV dieses Berichtes ersichtlich.

Ausser den dort aufgeführten Reinigungsanlagen waren noch Bradford, Burnley, Oswestry, Exeter, Carlshalton, die mancherlei Interessantes aufweisen, für eine Besichtigung in Aussicht genommen worden. Wegen der Kürze der Zeit konnte die geplante Besichtigung dieser Anlagen leider nicht ausgeführt werden.

Reise-ausrüstung.

Ausser der Aufstellung eines Reiseplanes waren, da die Entnahme von Wasserproben beabsichtigt war, Einrichtungen zu beschaffen, die die Entnahme von Wasserproben und ihre Untersuchung, soweit eine solche in unmittelbarem Anschlusse an die Entnahme erforderlich war, möglich machten. Bei der Beschaffung dieser Ausrüstung wurde zugleich darauf Rücksicht genommen, dass ein Teil der entnommenen Proben nach erfolgter Konservierung zur weiteren Untersuchung an das Laboratorium der Königlich Preussischen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung geschickt werden konnte, um auch die Bestimmungen, deren Ermittelung an Ort und Stelle nicht gut möglich war, ausführen zu können. Es wurde hierbei damit gerechnet, dass keineswegs sämtliche in den Reinigungsanlagen vorkommende Abwasserarten, sondern nur die aus den biologischen Körpern stammenden Abflüsse untersucht werden sollten.

Behörden.

Die Unterstützung der für die Abwasserreinigung und alle damit zusammenhängenden Verhältnisse zuständigen höchsten englischen Behörde, nämlich des Local Government Board, wurde uns durch Vermittelung des Auswärtigen Amtes in Berlin und der Kaiserlich Deutschen Botschaft in London vor Beginn der Reise gesichert. Wir haben in der Folge nicht nur an dieser Stelle, sondern auch bei den Vertretern aller Orte, deren Anlagen wir besichtigen durften, das weitgehendste Entgegenkommen und bereitwillige Unterstützung gefunden, durch welche uns die Erreichung unseres Reiseziels in tunlichst vollkommener und leichter Weise ermöglicht wurde. Wir genügen daher einer angenehmen Pflicht, indem wir an dieser Stelle den deutschen und englischen Behörden für die gewährte wirkungsvolle Unterstützung Dank sagen.

Digitized by Google

Die auf der Reise gemachten Ermittelungen, Feststellungen und Erfahrungen sind unter weitgehender Benutzung der in der Literatur vorhandenen Angaben in dem vorliegenden Reisebericht niedergelegt und durch Zeichnungen veranschaulicht.

Kapitel II.

Allgemeines über englische Verhältnisse.

Für die Beurteilung der in England gebräuchlichen Einrichtungen bei der Kanalisation und Abwässerreinigung ist es von Wichtigkeit, einige scheinbar abseits liegende tatsächliche Verhältnisse kennen zu lernen. Wir lassen ihre Beschreibung nach unserer Beobachtung und Kenntnis nebst einigen Angaben, welche für die Verwaltungen deutscher Städte ein gewisses Interesse haben, hier folgen.

Ganz allgemein ist zu bemerken, dass der von uns besuchte Geologisches. Teil von England einen welligen, vielfach hügeligen und bergigen Charakter hat. Ausgedehnte Ebenen, wie sich solche bei uns in Norddeutschland finden, haben wir — von der grossen Talebene von York abgesehen — nicht kennen gelernt. Unter der Erdoberfläche liegt im allgemeinen in geringer Tiefe der gewachsene Fels (Kreide, Kalk, Sandstein, Granit). Die Erdoberfläche hat sich fast ausschliesslich aus der Verwitterung des ursprünglich vorhandenen Felsens gebildet; infolgedessen ist der Boden meist schwer durchlässig; er hat einen tonartigen Charakter und ist mehr oder weniger plastisch. In ihm befinden sich, wenn auch nicht überall, abgerundete, unverwitterte Felsstücke von Faustgrösse und darunter, und wo diese abgerundeten Steine in verhältnismässig grosser Anzahl vorhanden sind, wie z. B. in Birmingham, nennt man diesen Boden auch wohl Kies (gravel), nicht zu verwechseln mit unserem Kies, welcher aus abgerollten Felstrümmern besteht, aus welchen die tonhaltigen Massen grösstenteils ausgewaschen sind. Auch der „gravel" ist verhältnismässig wenig durchlässig, allerdings zweifellos mehr durchlässig als der Boden ohne Steine. Infolge der geringen Durchlässigkeit der Erdoberfläche kann das Regenwasser, welches auf dieselbe herniedergeht, nur zu einem verhältnismässig geringen Teil in den Untergrund eindringen. Es sickert unmittelbar unter der welligen Erdoberfläche auf dem Gehänge direkt in den Flusslauf. Es ist daher erklärlich, dass das unterirdisch

Digitized by Google

sich bewegende Grundwasser in England eine verhältnismässig geringe Mächtigkeit haben muss, dass dagegen die Gräben, Bäche, Flüsse u. s. w. für die Abführung der atmosphärischen Niederschläge eine um so grössere Bedeutung haben.

Regenhöhen. Wie es sich mit der Höhe der jährlichen atmosphärischen Niederschläge in England verhält, geht aus Blatt 2 hervor. Aus demselben ist zu entnehmen, dass die jährliche Regenhöhe an der Ostküste mit etwa 1200 mm doppelt so gross ist als an der Westküste und dass die Regenhöhe an der Westküste annähernd ebenso gross ist wie in Norddeutschland.

Oeffentliche Wasserläufe. Die Zahl der Wasserläufe in England ist eine sehr hohe (vergl. Blatt 1). Ausser zahlreichen, das Land weithin durchziehenden künstlichen Kanälen finden sich daselbst über 550 Bäche und Flüsse, von denen mehr wie 50 schiffbar sind. Charakteristisch für die englischen Flüsse ist ihr relativ grosser Wasserreichtum und ihr langsamer Lauf, der sie auf weite Strecken hin schiffbar macht. Ueber die Wasserführung dieser englischen Flüsse liegen so gut wie keine genauen Beobachtungs- und Messungsverhältnisse vor. Das wenige, was hierüber bekannt ist, ist meist ungenau und gibt kein umfassendes Bild über die bestehenden Verhältnisse. Hiernach sollen z. B. die Themse oberhalb von London 60 Sec.-cbm im Jahresdurchschnitt, Mersey und Irwell etwa 10.5 Sec.-cbm, Roch, ein Nebenfluss des Irwellflusses, etwa 5 Sec.-cbm, die Yorkshire-Ouse bei niedrigstem Wasserstande 7 Sec.-cbm und die Aire im Mittel ca. 2.3 Sec.-cbm abführen[1]. In ihrem Oberlaufe sind die meisten Flüsse Englands durch Stauanlagen zum Zwecke der Wassergewinnung aufgestaut. Die Täler der Wasserläufe sind in der Regel schmal und verhältnismässig tief. Sie erweitern sich nur in den ebenen Gegenden, z. B. zwischen Manchester und Liverpool. In der nachstehenden Tabelle sind die Verhältnisse einiger Flüsse in England und Deutschland vergleichsweise dargestellt.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass z. B. die Themse, der längste Strom Englands, nicht ganz die Länge unserer Havel erreicht.

Klima. Vermöge seiner inselförmigen Lage hat England ein verhältnismässig gleichmässiges, ausgesprochen ozeanisches Klima. Der Sommer ist ein wenig kühler, der Winter aber, infolge der „Warmwasserheizung" des England umspülenden Atlantischen Ozeans, verhältnismässig wärmer als in Norddeutschland. Auf Blatt 3 und 4 und in

1) Spree (innerhalb Berlin) bei niederstem Wasserstande 13 Sec.-cbm (1826) bis 15,5 Sec.-cbm (Oktober 1868); bei Mittelwasser 42,5 Sec.-cbm.

Tabelle 1.

Flüsse in England	Länge km	Flussgebiet qkm	Flüsse in Deutschland	Länge km	Flussgebiet qkm
Humber	298	24068	Rhein	1225	196303
— Ouse (Yorksh.)	72	4771	— Mosel	525	29500
— Trent	240	10495	— Main	495	26430
— — Derwent	—	2056	— Ruhr	232	4700
Great Ouse	230	7164	— Emscher	98	793
Themse	323	13600	Weser	720	47960
— Lea	80		— Leine	192	6280
Exe	89	1512	Elbe	1165	143327
Severn	299	21027	— Havel	356	24351
Mersey	90	4460	— — Spree	365	9470
— Irwell	48	535	Oder	940	115560
Ribble	87	1515	Weichsel	1050	184700
			Pregel	126	19230

nachstehender Tabelle sind die im westlichen und nordwestlichen Europa ermittelten mittleren Temperaturen im Vergleich zu den in Mitteleuropa festgestellten Werten enthalten.

Tabelle 2.
Mittlere Temperaturen in Celsiusgraden in:

W.- und N.W.-Europa				Mitteleuropa			
Ort	Jahr	Januar	Jahresminima	Ort	Jahr	Januar	Jahresminima
Paris	9,9	2,2	— 10,0	Königsberg	6,6	— 3,3	— 21,5
Brüssel	9,9	2,0	— 10,7	Bromberg	7,6	— 2,5	
Utrecht	9,9	1,5		Torgau	8,8	— 0,6	
Krefeld	9,3	0,8		Erfurt	8,3	— 0,9	
Hannover	9,1	0,9		Leipzig	8,4	— 0,7	— 17,4
London	10,3	3,5	8,1	Berlin Stadt	9,1	0,1	— 15,4
Birmingham	9,3	2,9		„ Land	8,6	— 0,2	
Liverpool	10,3	4,8		Görlitz	8,0	— 1,3	
Edinburgh	8,2	3,0		Breslau	8,3	— 1,5	— 18,4
Bremen	8,7	0,8		Oppeln	8,2	— 1,6	
Hamburg	8,3	0,1	— 12,4	Ratibor	8,1	— 2,1	
Lüneburg	8,3	—0,2		Karlsruhe	9,7	0,8	
Flensburg	8,5	1,0		Stuttgart	9,8	0,8	
Kiel	8,4	0,8	— 12,8	München	7,2	— 2,6	— 18,5

Die Tabelle enthält insbesondere die mittleren Jahrestemperaturen, die mittleren Temperaturen des kältesten Monats (des Januars), sowie einige an einzelnen Orten ermittelte Jahresminima. Bezüglich der letzteren ist ersichtlich, dass auch in England sehr niedere Temperaturgrade (London —8,1°) beobachtet werden. Der grosse Unterschied zwischen England und Deutschland ist aber darin zu erblicken, dass

Digitized by Google

die in England festgestellten niederen Temperaturen nur sehr kurze Zeit andauern und die Temperatur bald wieder über 0° ansteigt, während in dem mittleren Deutschland bedeutend niedrigere Jahresminima. und meist länger. oft Wochen andauernde Frostperioden zu beobachten sind. Meistens liegen die niedersten Temperaturen in England über dem Gefrierpunkt und wirklicher Frost ist sehr selten und dann nur einige Tage zu beobachten. Neben anderem Unterlagenmaterial liefern hierzu zahlreiche in Verbindung mit der Abwasserreinigung nach dem biologischen Verfahren in einer Reihe englischer Städte (u. a. Bristol, Leeds, Manchester, West-Bromwich) gemachte Beobachtungen gute Belege. Aus einer Tabelle, welche uns in York zur Verfügung gestellt wurde, und in welcher die in den Monaten Januar bis April 1901 in den Morgenstunden zwischen 9 und 10 Uhr gemessenen Temperaturen für jeden einzelnen Tag enthalten sind, haben wir die folgenden Feststellungen entnommen.

Tabelle 3.

Monat	Durchschnittl. Temperatur nach Celsius	Höchste Temperatur nach Celsius	Niedrigste Temperatur n. Celsius
Januar . .	+ 1,7	+ 8,0	— 5,0
Februar . .	+ 2,0	+ 7,0	— 2,8
März . . .	+ 5,0	+ 10,6	+ 0,0
April . . .	+ 14,0	+ 19,0	+ 4,5

Ergänzend hierzu ist zu bemerken, dass das Thermometer nur sehr selten unter den Gefrierpunkt sank, nämlich im Monat Januar an 5 Tagen und im Februar an 3 Tagen.

Landwirtschaft. Der Boden in England ist vielfach für den Ackerbau ungeeignet und wird deshalb meist als Weideland benutzt. Wir sahen z. B. auf unserer Fahrt von Dover nach London und Manchester und rings um London und Manchester nur verhältnismässig wenig Ackerland, dagegen etwas mehr in York und Birmingham. Die statistischen Ermittelungen zeigen, dass etwa 30 % des Landes dem Ackerbau (Korn, Hülsenfrüchte, Rüben, Gemüse, Kartoffeln etc.) dienen, über 40 % als Weideland Verwendung finden und dass die Viehzucht auf Kosten des Landbaues zunimmt.

Wälder. Wälder im deutschen Sinne sind in England so gut wie nicht vorhanden. Insgesamt sind etwa 4,5 % (690 ha) der Gesamtbodenfläche Englands mit Wald bedeckt, während in Preussen 23,5 % der Gesamtfläche (8200000 ha) bewaldet sind. Trotzdem besitzt das Land

einen relativ grossen Baumbestand durch die zahlreichen Bäume, welche über die Felder und Wiesen zerstreut stehen und die Gegend schön beleben; auch finden sich Parkanlagen mit reichem Baumbestande um herrschaftliche Wohnsitze.

Abgesehen von den Industriebezirken haben die Städte und Dörfer einen reinlichen Charakter. Da aber die Wohnhäuser in den Städten und Orten (in der Regel Einfamilienhäuser) strassenweise nach derselben Schablone gebaut sind, so fehlt es dem Strassenbilde an Abwechselung, es ist nach unserem Geschmack eintönig gestaltet. Selbst die grössten Städte, wie London, Manchester, Leeds, Birmingham, machen hiervon keine Ausnahme. Da es in England wenig öffentliche Behörden gibt, so macht sich nach unseren Begriffen ein Mangel an öffentlichen Gebäuden stark fühlbar. Städtebild.

In den Industriebezirken, namentlich in Manchester und Umgebung, haben sich die Fabrikanlagen in ausserordentlichem Masse gehäuft. Die Schornsteine entwickeln derartige Massen von Rauch und Dämpfen, dass der Himmel verfinstert wird. Es gehört daher in Manchester, wie uns berichtet worden ist, ein sonnenheller Tag zur Seltenheit. Die Luft ist mit Russ und unverbrannten Kohlenteilchen in hohem Masse geschwängert. Auch die Wohnhäuser erzeugen ausserordentlich viel schwarzen Rauch, denn es wird ausschliesslich mit Steinkohlen geheizt und gekocht und die Heizvorrichtungen (Kamine) sind in Bezug auf die rauchschwache Verbrennung ausserordentlich mangelhaft eingerichtet. Dazu kommt, dass die Häuser durchgängig sehr niedrig und dass infolge dessen die Schornsteine nicht genügend dem Luftzuge ausgesetzt sind. Die Folge davon ist, dass der Rauch und Russ sich direkt in den Strassen ablagert und bei gewissen Windrichtungen direkt auf die Strassen getrieben wird. Die berüchtigten Nebel in englischen Städten sind u. E. zum guten Teil dem Umstande zuzuschreiben, dass die Verbrennungsvorrichtungen in den Haushaltungen, namentlich in den Kaminen, unvollkommen und die Häuser, oder richtiger die Hausschornsteine, nicht hoch genug gebaut sind. Diese Verhältnisse bringen es mit sich, dass die Häuser in den Strassen der englischen Städte in ihren Fronten, namentlich wenn sie aus Werksteinen errichtet sind, eine tiefschwarze Farbe angenommen haben und dass Kleider, Hände und Gesicht nach kurzem Aufenthalt im Freien schmutzig werden. Hieraus erklärt es sich, dass man in allen grossen Städten Englands auf den Strassen sowohl wie überall in Häusern, wo ein öffentlicher Verkehr stattfindet — Hotels, Wirts- Städteatmosphäre.

Digitized by Google

häuser u. s. w. —, Waschgelegenheiten in ausgiebiger Menge und in vorzüglicher Einrichtung findet.

Strassenverkehr.

Die Strassen sind in den grossen Städten, namentlich in London, ausserordentlich verkehrsreich. Sie werden verhältnismässig sauber gehalten und ordnungsmässig unterhalten. Die Strassenreinigung wird im allgemeinen wie in Deutschland gehandhabt und der Strassenkehricht zum Düngen des Ackers benutzt.

Hausmüll.

Das Hausmüll wird in allen Städten, die wir gesehen haben, des Morgens in besonderen Gefässen auf den Bürgersteig gestellt und im Laufe des Vormittags mit Sammelwagen abgefahren. Es wird in den kleineren Städten auf das Land gebracht („tipping on land") und daselbst aufgeschüttet, wobei die leicht brennbaren Stoffe abgeharkt und unter Entwickelung von ausserordentlich lästigem Qualm in freier Luft verbrannt werden. Einige in der Nähe der See liegende Städte schaffen das Müll auf die hohe See („tipping on sea"). Die Müllsortierung ist unseres Wissens nur in Chelsea (London) in Gebrauch; mit welchem Erfolg, haben wir nicht ermitteln können.

Müllverbrennung.

In grösseren Städten wird das Müll in sogenannten „Destructors" verbrannt, und die entstehende Schlacke wird, einerseits in Sandkorngrösse, andrerseits in Schottergrösse gebrochen, zur Herstellung von Betonstücken, neuerdings auch zur Herstellung von Bürgersteigplatten verwandt. In vielen Städten findet die Schlacke zum Aufbau der biologischen Körper, oft auch nur zu Geländeaufhöhungen Verwendung.

Die Müllverbrennung ist in England in ganz ausserordentlichem Umfange in Anwendung. Seit Fryer vor etwa 25 Jahren (im Jahre 1876) in Manchester den ersten Ofen errichtete, sind in nicht weniger als 180 Städten Müllverbrennungsanlagen mit insgesamt 1650 Zellen erbaut worden, in denen pro Zelle zwischen 3,5 und 23 Tonnen und im Mittel rund 6 Tonnen Müll in 24 Stunden verbrannt werden. In 63 englischen Städten sind die Müllverbrennungsanlagen mit Elektrizitätswerken und in 40 Städten mit Abwasserreinigungsanlagen, ja sogar in 3 Fällen mit Wasserwerken kombiniert. 300 Dampfkesselanlagen verwenden die bei der Verbrennung erhaltene überschüssige Wärme. Ueber 12 verschiedene Ofensysteme sind in England in Verwendung; am meisten finden sich die Oefen von Beaman & Deas, Fryer, Horsfall, Meldrum, Warner.

Hinsichtlich der aufgewendeten Kosten gibt Price von 35 Städten folgende Durchschnittswerte:

Baukosten für den Destructor . . . . . . = 1150 M. pro Zelle;

Kosten für die Errichtung des Schornsteins . = 415 M. pro m Höhe;
Verbrannte Müllmenge pro Zelle und 24 Stunden = 6 Tonnen;
Zahl der Arbeitsleute pro Zelle . . . . . . = 1,17;
Kosten der Müllverbrennung . . . . = 1 M. pro Tonne;
Jährliche Kosten pro Zelle . . . . = 192 M.

Städtische Unternehmungen.

Bis vor kurzer Zeit waren in England alle Unternehmungen öffentlicher Natur im Staat und in den Gemeinden in vielen Fällen der Privatindustrie überlassen. Dazu gehören die Eisenbahnen, die Bergwerke, Strassenbahnen, Gas-, Wasser-, Elektrizitätswerke u. s. w. Hierin ist in den letzten Jahren ein erheblicher Wandel geschaffen worden. Allerdings gibt es noch heute keine staatliche Eisenbahn, kein staatliches Bergwerk, aber die Städte und Gemeinden haben immerhin anerkannt, dass Anlagen, an welchen die Allgemeinheit teilzunehmen hat, auch von der Allgemeinheit hergestellt und betrieben werden müssen. Von den 317 Stadtverwaltungen, die es in England und Wales gibt, hatten 299 am 31. März 1902 einen oder mehrere Geschäftsbetriebe eingerichtet; im ganzen sind dafür 2500 Millionen Mark ausgegeben; der jährliche Reingewinn hat im Durchschnitt der Jahre 1898/1902 etwa $^1/_3$ % des Gesamtanlagekapitals betragen. Dabei sind die Zinsen der Anleihen, sowie die Tilgungs- und Abschreibungsbeträge bereits abgezogen. Allein zwischen dem 1. Januar 1898 und dem 31. März 1902 sind 17 Stadtverwaltungen zur Anlage von Wasserwerken, 91 zu der von Gasanstalten, 62 zu der von Elektrizitätswerken und, was am auffallendsten ist, 30 zu der von Strassenbahnen geschritten. In $4^1/_4$ Jahren haben also 118 Städte Eigenbetriebe errichtet. Die nachfolgende Zusammenstellung gibt hierüber näheren Aufschluss. Es kamen:

Tabelle 4.

auf	Anlage-Kapital	Ausstehende Anleihe	Durchschnittl. Jahresergebn.
	Tausend Mark		
Wasserwerke	1 138 860,3	991 134,3	+ 1 802,6
Gasanstalten	480 562,3	369 951,7	+ 7 886,5
Elektrizitätswerke . . .	250 180,0	223 855,6	— 234,1
Strassenbahnen . . .	195 023,1	171 458,5	+ 1 996,4
Märkte	123 621,6	78 533,4	+ 1 675,6
Badeanstalten	39 766,8	24 653,2	— 2 499,0
Begräbnisplätze . . .	47 646,1	26 218,1	— 1 275,7
Arbeiterwohnungen . .	25 071,8	21 806,8	— 539,6
Hafenanlagen	108 436,5	98 736,3	— 1 554,5
Sonstige Anlagen . . .	14 278,9	9 330,1	+ 307,5
Im Ganzen .	2 423 447,4	2 015 728,0	+ 7 565,7

Digitized by Google

Hiernach sind die Verlustbetriebe zum grösseren Teil nicht eigentliche Geschäftsunternehmungen. So gehören namentlich Badeanstalten, Begräbnisplätze und auch Arbeiterwohnungen zu den Veranstaltungen, die hauptsächlich aus Gesundheitsrücksichten von den Städten in die Hand genommen werden. Bemerkenswert ist der Verlust, der sich im ganzen aus dem Besitz von Elektrizitätswerken ergeben hat; jedoch ist zu berücksichtigen, dass von 102 Anlagen dieser Art nicht weniger als 62 erst in den letzten 4 Jahren erbaut worden sind. Die Krankenhäuser und die Anlagen für die Kanalisation und Müllbeseitigung sind nicht mit aufgeführt, denn die Einrichtung dieser ist mit sehr geringen Ausnahmen von alters her Sache der Gemeinden gewesen, sie gehören also nicht zu den Unternehmungen der vorstehend gedachten Art.

Interessant ist auch die Nachricht, dass im Jahre 1902 in Grossbritannien und Irland zusammen 2388 km Strassenbahnen vorhanden waren in 233 verschiedenen Betrieben und mit einem Gesamtanlagekapital von 630 Millionen Mark; davon entfielen 380 Millionen Mark auf 118 Kommunalunternehmungen und 250 Millionen Mark auf 115 Privatbetriebe.

Hygienisches.

Ein grosser Wert wird auf die Hygiene gelegt. In den grossen Städten sind besondere Wohnungsinspektoren beschäftigt, welche die Wohnungen der ärmeren Klasse darauf hin zu prüfen haben, ob sie reinlich gehalten sind und genügend Luft und Licht haben und ob nicht eine Ueberfüllung stattfindet. In allen Städten ohne Ausnahme besteht die Pflicht, in Fällen von ansteckenden Krankheiten die Kleider, Wäsche und die Zimmer zu desinfizieren. Obgleich seit einiger Zeit eine gewisse Impfpflicht eingeführt ist, scheint man eine erhebliche Einschränkung der Pockenkrankheit noch nicht erreicht zu haben; wenigstens herrschte während unserer Anwesenheit in ganz England eine Epidemie von small pox. In vielen Orten sind sogar Krankenhäuser eigens für diese Krankheit eingerichtet.

Abwässerreinigung.

Auf dem Gebiete der Abwässerreinigung liegen zur Zeit die folgenden Verhältnisse vor:

Abwässer aus industriellen Anlagen werden im allgemeinen der städtischen Kanalisation zugeführt und mit den Abwässern dieser gereinigt. Industrielle Anlagen, welche ausserhalb einer städtischen Kanalisation liegen, müssen ihr Abwasser selbst reinigen. Die Kanalisation ist fast in allen Städten und Orten planmässig durchgeführt, selbst in kleinen Gemeinden, und das Abwasser wird fast ohne Aus-

Digitized by Google

nahme einem Reinigungsprozess unterworfen, bevor es den öffentlichen Flussläufen zugeführt wird. Demgemäss sind in England ausserordentlich viel Abwasserreinigungsanlagen vorhanden. Das kommt daher, dass die öffentlichen Wasserläufe Englands im Vergleich zu der Menge des in Frage kommenden Abwassers verhältnismässig wasserarm sind und eine Verunreinigung über einen gewissen Grad hinaus nicht vertragen und dass ihr Wasser nach Filtration durch Sand sehr vielfach für die Zwecke städtischer Wasserwerke ausgenutzt wird.

Die Abwasserreinigung geschieht vielfach durch Behandlung auf Land, nämlich im einfachen Rieselverfahren oder im Wege der intermittierenden Filtration, oft auch durch chemische Behandlung in Klärbecken mit anschliessender Nachbehandlung entweder auf Land oder in künstlichen, aus Steinbrocken hergestellten Filterbetten. Beide Reinigungsverfahren, die Rieselei und die chemische Behandlung in Klärbecken, blicken auf eine Vergangenheit von vielen Jahrzehnten zurück. Es hat sich im Laufe der Zeit gezeigt, dass die chemische Behandlung verhältnismässig teuer ist, vielfach nicht genügende Reinigungsresultate liefert, auch oft Schwierigkeiten dadurch macht, dass der Schlamm nicht loszuwerden ist. Man hat sich daher um andere Reinigungsmethoden bemüht und ist zur Zeit dabei, das chemische Klärverfahren durch das biologische Verfahren zu ersetzen. Dieser Wandlungsprozess ist noch keineswegs abgeschlossen, er befindet sich vielmehr in den ersten Anfängen. Die Umwandlung der Klärbecken in biologische Anlagen geschieht nur sehr selten ohne weiteres; in den weitaus meisten Fällen werden zunächst Versuchsanlagen in kleinerem oder grösserem Umfange errichtet. Auf Grund der hierbei erlangten Ergebnisse erfolgt dann der Ausbau der definitiven Anlage.

Obgleich in England die Freiheit des Einzelnen verhältnismässig gross ist und überall das Bestreben hervortritt, so wenig wie möglich zu reglementieren, bildet das Gebiet der öffentlichen Gesundheitspflege und im besonderen das Gebiet der Verunreinigung der Flussläufe und hiermit im Zusammenhang das Gebiet der Abwässerreinigung eine Ausnahme. Wir haben den Eindruck gewonnen, als würde auf diesem Gebiet in England eine grössere behördliche Einwirkung geübt als bei uns in Deutschland.

Zum Verständnis der diesbezüglichen englischen Verhältnisse ist Gesetzliches. es von Nutzen, sich über die dort geltenden Gesetzesbestimmungen bezüglich der Kanalisation von Ortschaften und der Reinhaltung der

öffentlichen Wasserläufe zu unterrichten. Durch die „Public Health Act“ (Gesetz für die öffentliche Gesundheitspflege) von 1875 wurde die frühere englische in vielen Einzelgesetzen und Sonderbestimmungen nach und nach aufgebaute unzusammenhängende Gesetzgebung auf dem Gebiet der Gesundheitspflege zusammengefasst und vereinfacht. Allerdings sind manche Sonderbestimmungen und unabhängige Organisationen noch bestehen geblieben. Hierzu trat im Jahre 1876 „the Rivers Pollution Prevention Act“ (Gesetz zur Verhinderung der Verunreinigung öffentlicher Wasserläufe).

Aufsichtsbehörden.

Durch das Gesetz von 1875 wurde das Land in städtische und ländliche Sanitätsbezirke eingeteilt, an deren Spitze besondere Gesundheitsbehörden stehen. Zu ihrer wichtigsten Aufgabe gehört die Sorge für die gehörige Entwässerung der Ortschaften. So frei im allgemeinen die englischen Verwaltungsbezirke und Gemeinden in der Handhabung der Gesetze in ihren Bezirken sind, so stehen sie in der Frage der Einführung einer Kanalisation doch unter einem gewissen Druck und in Bezug auf den Betrieb dieser Einrichtung unter der Einwirkung und oft unter der ausdrücklichen Aufsicht der Oberbehörde.

Local Government Board.

Zunächst kann schon eine auch noch so kleine Minderheit von Einwohnern es durchsetzen, dass ein Ort kanalisiert wird, wenn sie sich an die Aufsichtsbehörde für die städtische und Kreisverwaltung, das Local Government Board in London (im Jahre 1871 errichtet), wendet. Diese Behörde muss danach eine Untersuchung an Ort und Stelle anstellen. Werden die Ansprüche der Minderheit berechtigt gefunden, so kann das Local Government Board die Einführung der Kanalisation und nötigenfalls die erforderlichen Anlagen auch gegen den Willen der Gemeinden, aber auf Kosten dieser, durchführen lassen. Von diesem Recht hat man bereits ziemlich häufig und mit Erfolg Gebrauch gemacht. Dabei hat das Local Government Board natürlich auch die Entscheidung über die technischen Einzelheiten der Anlage. Aber auch die freiwillig unternommenen Kanalisationsanlagen unterliegen der Genehmigung dieser Behörde insoweit, als für die Anlagen Anleihen erforderlich sind. Keine Gemeinde darf in England ohne Genehmigung dieser Behörde eine Anleihe aufnehmen. Da die meisten Gemeinden nicht imstande sind, so kostspielige Anlagen wie die Kanalisation aus laufenden Mitteln zu bestreiten, so kommt der bei weitem grösste Teil aller Anlagen zur Prüfung der Oberbehörde. Allen derartigen Anträgen müssen die Sonderentwürfe, Erläuterungen

und Kostenanschläge für Bauten, für welche die Anleihen aufgenommen werden sollen, beigelegt werden, und das Local Government Board prüft, ob der Entwurf zweckentsprechend und die Kosten angemessen sind. Alle Ansprüche dieser Behörde müssen erfüllt werden. Die Macht des Local Government Board scheint eine sehr grosse zu sein insofern, als es die Genehmigung der Anleihe von beliebigen Bedingungen, selbst solchen, welche nicht zur Sache gehören, abhängig machen kann.

Was die Aufsicht über die Reinhaltung der Flussläufe anbetrifft, so verbietet das vorstehend genannte Gesetz vom Jahre 1876 jede Verunreinigung der öffentlichen Wasserläufe und bezeichnet in dieser Hinsicht als schädlich: Abgänge aus Fabriken, Müll, Asche und andere feste Stoffe, ebenso alle fäulnisfähigen Stoffe, die festen und flüssigen Abgänge aus den Kanalisationsleitungen, die giftigen und lästigen Geruch verbreitenden Stoffe aus Fabriken und Betriebsstätten, den Strassenkehricht und Strassenschlamm. Jedermann kann gegen eine Behörde oder eine Privatperson klagen, wenn sie einen Wasserlauf verunreinigt. Ueber die Klage entscheidet das gewöhnliche Gericht. Erfahrungsmässig lassen sich mit Rücksicht auf den Umfang, den ungewissen Ausgang und die hohen Kosten derartiger gerichtlicher Klagen nur selten Privatpersonen hierauf ein. Wirksamer und gebräuchlicher ist die Anzeige beim Local Government Board, das dann eine Untersuchung einleitet und Abhilfe fordert. Auf solche gelegentliche Eingriffe ist aber das Aufsichtsrecht des Local Government Board im allgemeinen beschränkt.

Im Jahre 1888 wurden durch die „Local Government Act“ die Gemeinderäte (County Councils) ermächtigt, über die Reinhaltung der ihr Gebiet durchziehenden öffentlichen Wasserläufe Aufsicht auszuüben und die Durchführung des Gesetzes vom Jahre 1876 in die Hand zu nehmen. Dabei können sich benachbarte County Councils vereinigen, um die Aufsicht über grössere Stromstrecken, eventl. über ganze Flussläufe vom Ursprung bis zur Mündung in einer Behörde (Joint Committee, Joint Board) einheitlich zu organisieren und so die einzelnen Gemeinden oder Private an der ferneren Verunreinigung der Flussläufe zu verhindern. Für einige grössere Flüsse und Gebiete sind durch besondere Gesetze Aufsichtsbehörden eingesetzt (Conservancy Boards).

In England existieren auf Grund der „Local Government Act“ von dem Jahre 1888 drei derartige Conservancy Boards, nämlich „the Conservancy Boards.

Mersey and Irwell Joint Committee" (1891 gebildet), „the Ribble Watershed Joint Committee" (1891) und „the West Riding of Yorkshire Rivers Board" (1893).

Das von diesen Conservancy Boards überwachte Gebiet ist ein sehr grosses; so umfasst das Gebiet des Mersey and Irwell Committee ein Areal von rund 2000 qkm mit einer Bevölkerung von über $2^1/_4$ Millionen und mit über 450 Fabrikanlagen; das Ribble Joint Committee umfasst ein Gebiet von über 1400 qkm mit einer Bevölkerung von über 1 Million und mit über 70 Fabrikanlagen; das Gebiet des West Riding Rivers Board deckt sich mit dem geographischen Gebiet West Riding und besitzt eine Ausdehnung von über 7000 qkm mit nicht ganz $2^1/_2$ Millionen Einwohnern.

Ausser den vorgenannten 3 Boards gibt es noch „the Thames", „the River Lea" und „the River Medway Conservancy Board", die schon längere Zeit vor Erlass des vorgenannten Gesetzes (Thames Conservancy Board 1857, Lea Conservancy Board 1868) auf Grund besonderer Gesetze errichtet worden sind.

Die Beamten der Committees und Conservancy Boards haben nicht das Recht, ohne Genehmigung des Besitzers oder der Gemeinde die Anlage zur Abwasserreinigung zu untersuchen; sie müssen das Wasser dort, wo es in die öffentlichen Wasserläufe eintritt, entnehmen und untersuchen. Die Conservancy Boards haben für den Reinheitsgrad des Abwassers, welches anstandslos den öffentlichen Wasserläufen zugeführt werden kann, eigene Regeln (Standards) aufgestellt. Diese Standards sind entstanden nicht etwa auf Grund theoretischer Erwägungen, sondern an der Hand reicher Erfahrung und systematischer Prüfung. Diese Regeln sind nicht bei allen Conservancy Boards die gleichen. Sie beziehen sich im allgemeinen entweder auf den Sauerstoffverbrauch oder auf den Gehalt an Albuminoid-Stickstoff, auf die Fäulnisfähigkeit und auf die Durchsichtigkeit, überhaupt auf die äussere Beschaffenheit und Reaktion des gereinigten Wassers. So hat z. B. das Mersey and Irwell Joint Committee für den Reinheitsgrad städtischer Abwässer den folgenden Standard:

Das in den Vorfluter eingeführte Wasser soll nicht mehr enthalten wie (alle Werte in mg pro 1 angegeben):

Albuminoidammoniak 1,4;

Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 14,3.

Für gewerbliche Abwässer, welche dem Vorfluter direkt zugeführt

werden sollen, verlangt das Committee eine tunlichst weitgehende Entfernung der suspendierten Stoffe.

Das Ribble District Drainage Board verlangt als Reinheitsgrad:

Albuminoidammoniak höchstens 1,0;
Suspendierte Stoffe 0;
Nitrate vorhanden.

Das Thames Conservancy Board hat folgenden Standard aufgestellt:

Organischer Kohlenstoff 30,0;
Organischer Stickstoff 11,0.

Jedoch hält sich das Board nicht streng an diese Vorschrift, es entscheidet von Fall zu Fall: für die oberhalb Londons und im Bereich der Wasserwerksgesellschaften gelegenen Flussteile stellt es höhere Anforderungen als für die anderen.

Das West Riding Rivers Board entscheidet gleichfalls von Fall zu Fall; einen besonderen Standard hat dasselbe nicht angenommen[1].

Die Rivers Pollution Commission (1868) hatte seinerzeit folgenden Standard angegeben:

Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) 40,0;
Glühverlust des Abdampfrückstandes 10,0;
Organischer Kohlenstoff 20,0;
Organischer Stickstoff 3,0.

Wird im einzelnen Falle gefunden, dass das eingeleitete Wasser dem aufgestellten Standard nicht entspricht, so verlangt das Conservancy Board von dem Besitzer der Anlage eine Aenderung oder Verbesserung der Reinigungsmethode. Wird der Forderung nicht stattgegeben, so haben die Conservancy Boards nur das Recht der Klage vor den gewöhnlichen Gerichten. Die Genehmigung zur Einleitung der Klage müssen sie teils bei dem Local Government Board nachsuchen, teils können sie auf Grund spezieller Parlamentsakte die Angelegenheit selbständig vor Gericht verfolgen, also ohne vorher die Genehmigung des Local Government Board einholen zu müssen. So kann z. B. das Mersey and Jrwell Committee direkt bei den Gerichten klagbar werden, aber nur, sofern es sich um städtische Abwässer

1) Nach Creer (vgl. dessen Report S. 6) beabsichtigt das Board denselben Standard anzunehmen wie das Mersey and Irwell Joint Committee.

handelt; bei gewerblichen Abwässern darf es dies nicht, sondern muss erst die Genehmigung des Local Government Board hierzu einholen.

Das Local Government Board ist befugt, in besonderen Fällen Ausnahmen zuzulassen und in solchen Fällen die Genehmigung zur gerichtlichen Verfolgung zu versagen. Das geschieht in der Regel dann, wenn es sich um Abwasser aus einzelnen Fabriken handelt und die Kosten für die Reinigung so gross sind, dass eine Schädigung des betreffenden Industriezweiges zu befürchten ist.

Das Gericht ist an den von dem Conservancy Board aufgestellten Standard nicht gebunden: es prüft die Klage selbständig unter Hinzuziehung geeigneter Sachverständiger.

Surveyor.

In den Gemeinden wird die Aufsicht über die Kanalisationsanlage und über die Abwasserreinigungsanlage, wie überhaupt über alle Anlagen, bei welchen die sanitären Verhältnisse eine Rolle spielen, von einem Gemeindebeamten ausgeübt, dem Surveyor (technischer Beamter). Gemeinden, welche klein sind, werden zu Zwecken ihrer Verwaltung und Ueberwachung zu Zweckverbänden (Urban-Districts) vereinigt und haben einen gemeinschaftlichen Surveyor. In sehr vielen Gemeinden gibt es in der Stadtverwaltung nur 2 Amtsstellen, nämlich diejenige des Town-Clerk, des ersten Beamten der Gemeinde (des Sekretärs), und diejenige des Surveyor. In grösseren Gemeinden tritt zu den vorgenannten zwei Beamten ein dritter, der Medical Officer (der Medizinalbeamte).

Bestimmungen des Local Government Board.

Im Jahre 1900 hat das Local Government Board Bestimmungen[1]) für Abwasserreinigungsanlagen herausgegeben. Dieselben sind in der nachfolgenden Tabelle 5 enthalten. Es mag hierzu bemerkt werden, dass alle Entwürfe, welche dem Local Government Board zur Genehmigung vorgelegt werden, diesen Regeln entsprechen müssen, dass jedoch mit Rücksicht darauf, dass über das biologische Verfahren, welches in No. 1—5 dieser Regeln behandelt wird, die Untersuchungen und Erfahrungen noch nicht abgeschlossen sind, die Vorschriften nur als vorläufige betrachtet werden, welche jederzeit von dem Local Government Board wieder abgeändert werden können.

Bestimmungen für Abwasserreinigungsanlagen, aufgestellt vom Local Government Board Oktober 1900.

Die Abwasserreinigungsanlage ist, unabhängig von dem zur Anwendung gelangenden Reinigungssystem, so gross herzustellen, dass sie täglich die sechsfache

1) Die Oktober 1903 mitgeteilten revidierten Bestimmungen decken sich im wesentlichen mit den im Jahre 1900 erlassenen „Requirements“.

Digitized by Google

Menge des Trockenwetterabflusses eines Tages zu reinigen imstande ist. Bis zur dreifachen Menge des Trockenwetterabflusses muss das Abwasser in gleicher Weise wie der Trockenwetterabfluss behandelt werden, der Ueberschuss kann dagegen in anderer Weise behandelt werden, nämlich entweder in sogen. Sturmwasserfiltern oder auf Land, welches zu diesem Zweck besonders vorbereitet werden kann.

Tabelle 5.

Nummer	System	Erforderliches Fassungsvermögen				Landfläche z. endgült. Behandlg. des aus d. Reinigungskörp. abfliess. Wassers
		d. Absitz- oder Faulbecken, unabh. davon, ob Gitter- od. Sandfänge vorgeschaltet sind od. nicht	der Reinigungskörper, obere Stufe	der Reinigungskörper, untere Stufe	der Sturmwasserfilter	
1.	Doppeltes Füllverfahren m. Absitz- oder Faulbecken.	Trockenwetterabfluss eines Tages.	3fache Menge des Trockenwetterabflusses ein. Tages; zulässig 2 Beschickung. an jed. Tage b. 16stünd. Betrieb u. Aufspeicher. d. Zuflusses während der Nacht. Zwischen 2 aufeinand. folgenden Beschick. muss ein Zeitraum von mind. 8 Std. lieg. Verhältn. d. körperl. Inh. z. Wasserinh. 3 : 1.	Wie bei der oberen Stufe.	3fache Menge des Trockenwetterabfluss. eines Tages (Restmenge), wobei auf 1 cbm Abwasser 0,4 qm Filterfläche zu rechnen ist.	1,0 ha für je 2500 Personen.
2.	Einfaches Füllverfahren m. Absitz- oder Faulbecken.	1,5fache Menge des Trockenwetterabfluss. eines Tages.	Wie bei No. 1.	—	Wie bei No. 1.	Wie bei No. 1.
3.	Doppeltes Füllverfahren ohne Faulbecken.	Nichts, aber Gitter müssen vorgeschaltet werden und Anordnung v. Absitzbecken ist erwünscht.	Wie bei No. 1, aber Verhältnis des Körpers zum Wasserinhalt 4 : 1.	Wie bei der oberen Stufe.	Wie bei No. 1.	Wie bei No. 1.
4.	Tropfverfahren m. Absitz-, Faul- od. Klärbecken.	1,5fache Menge des Trockenwetterabfluss. eines Tages.	3fache Menge des Trockenwetterabfl. ein. Tages, die Körper müssen mind. 1,8 m hoch sein; für je 1—2 cbm Wasser ist 1 qm Oberfläche erforderlich.	—	Wie bei No. 1.	Wie bei No. 1.
5.	Tropfverfahren ohne Absitz-, Faul- od. Klärbecken.	Gitter müssen vorgeschaltet werden.	Wie bei No. 4, aber für je 1 cbm Wasser 1 qm Oberfläche erforderlich.	—	Wie bei No. 1.	Wie bei No. 1.
6.	Rieselverfahren.	Bei Behandlung des Wassers auf Rieselfeldern ist 1,0 ha aptiertes Land für je 370 Personen erforderlich. Gitter müssen vorgeschaltet werden.				

Bemerkungen: Die Füllkörper sollen nicht höher als 1,2 m hergestellt werden. Bei automatischer Verteilung des Wassers auf die Füllkörper sind drei

Digitized by Google

Beschickungen an jedem Tage (24 Stunden) erlaubt: bei nicht automatischer Verteilung sind nur 2 Beschickungen an jedem Tage zulässig; erforderlichen Falls müssen Vorkehrungen zur Aufspeicherung des nächtlichen Zuflusses getroffen werden.

Der Abfluss aus den Reinigungskörpern muss vor seiner Einleitung in die öffentlichen Wasserläufe noch auf Land behandelt werden, der Abfluss aus den Sturmwasserfiltern kann den öffentlichen Wasserläufen direkt zugeleitet werden.

Auf Verlangen kann an Stelle der Behandlung in Sturmwasserfiltern Behandlung auf besonders vorbereitetem Land treten, die hierzu erforderliche Landfläche hängt von der Beschaffenheit des Landes ab.

Notauslässe dürfen erst bei 6facher Verdünnung des Trockenwetterabflusses in Tätigkeit treten.

Beim Trennsystem können die vorstehenden Bestimmungen über die Sturmwasserfilter und Landbehandlung ermässigt werden, eine bestimmte Regel hierfür kann nicht aufgestellt werden.

Die 8 Stunden, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Beschickungen liegen sollen, verteilen sich wie folgt: 1 Stunde zum Füllen, 2 Stunden zum Vollstehen, 1 Stunde zum Entleeren, 4 Stunden zum Leerstehen.

Es empfiehlt sich, einen Reinigungskörper zur Reserve vorzusehen und jeden einzelnen Körper der Reihe nach eine volle Woche ausser Betrieb zu lassen.

Ein Reinigungskörper von 1000 cbm Körperinhalt vermag im allgemeinen bei dreimaliger Beschickung für den Tag 1000 cbm bezw. 750 cbm Abwasser täglich zu reinigen, je nachdem das Abwasser vorher in Absitz- oder Faulbecken vorbehandelt ist oder nicht.

Absitz- oder Faulbecken sind gewöhnlich 1,5 bis 1,8 m tief.

Ueber die Wahl der Anzahl der Reinigungskörper werden Bestimmungen nicht getroffen.

Die nach den vorstehenden Bestimmungen erforderlichen Grössenverhältnisse der Reinigungsanlage ergeben sich rechnungsmässig in runden Zahlen unter der Annahme, dass auf jeden Einwohner 100 Liter auf den Kopf und Tag an Trockenwetterabfluss entfallen, aus der folgenden Tabelle (Tabelle 6).

Die vorstehenden, seitens des Local Government Board erlassenen Bestimmungen lassen die an leitender Stelle hinsichtlich der Frage der Abwasserreinigung herrschenden Auffassungen unzweideutig erkennen; sie zeigen ganz allgemein, dass die Reinigung des Abwassers auf Land für die ordnungsmässige Beseitigung grösserer Schmutzwassermengen (ebenso wie in Deutschland) an erster Stelle steht und als allein ausreichend angesehen wird, und dass das biologische Verfahren nur in Verbindung mit einer Nachrieselung der biologisch vorgeklärten Wässer als vollgiltiger Ersatz der Landberieselung betrachtet wird. Entsprechend dieser Auffassung versagt das Local Government Board auf Reinigungsanlagen, welche lediglich nach dem biologischen Verfahren hergerichtet sind, die Aufnahme einer Anleihe, fordert stets eine sich anschliessende Landnachbehandlung und sieht von dieser Forderung nur in den Fällen ab, wenn die Unmöglichkeit, geeignete Landflächen zu beschaffen, erwiesen ist.

Tabelle 6.

Nummer	System	Auf je 1 cbm täglich. Trockenwetterabfl. (d. i. die a. 10 Einw. zu rechnende Schmutzwassermenge) sind erforderlich: für das Dünnwasser: Inhalt a. Absitz- pp. Becken in cbm	für das Dünnwasser: Körpermat. i. cbm obere Stufe	für das Dünnwasser: Körpermat. i. cbm untere Stufe	für das Dünnwasser: für die Landnachbehandlung qm	für d. Sturmwasser: qm Sturmwasserfilter	Es entfallen mithin auf: 1 cbm Absitz- pp. Beckeninh.: tägl. Trockenwetterabfl. cbm	1 cbm Absitz- pp. Beckeninh.: Dünnwasser in maximo cbm	1 cbm des Gesamtkörpermaterials: tägl. Trockenwetterabfluss cbm	1 cbm des Gesamtkörpermaterials: Dünnwasser in maximo cbm	1 qm Landfläche: tägl. Trockenwetterabfl. cbm	1 qm Landfläche: Dünnwasser in maximo cbm	1 qm Sturmw.-filter: Sturmwasser in maximo cbm
1.	Doppeltes Füllverfahren m. Absitz- oder Faulbecken												
	a) bei 2 } mal tägl. Beschick. d. Körp.	1,0	4,5	4,5	40,0	1,2	1,0	3,0	0,11	0,33	0,025	0,075	2,5
	b) bei 3 } mal tägl. Beschick. d. Körp.	1,0	3,0	3,0	40.0	1,2	1,0	3.0	0,17	0,5	0,025	0,075	2,5
2.	Einfaches Füllverfahren m. Absitz- oder Faulbecken												
	a) bei 2 } mal tägl. Beschick. d. Körp.	1,5	4,5	—	40,0	1.2	0,7	2,0	0,22	0.66	0,025	0,075	2,5
	b) bei 3 } mal tägl. Beschick. d. Körp.	1,5	3,0	—	40,0	1,2	0,7	2,0	0,33	1,0	0,025	0,075	2,5
3.	Doppeltes Füllverfahr. ohne Faulbecken												
	a) bei 2 } mal tägl. Beschick. d. Körp.	—	6,0	6,0	40,0	1,2	—	—	0,08	0.25	0,025	0,075	2,5
	b) bei 3 } mal tägl. Beschick. d. Körp.	—	4,0	4,0	40,0	1.2	—	—	0,13	0,38	0,025	0,075	2,5
4.	Tropfverfahren mit Absitz-, Faul- oder Klärbecken .	1,5	2,7-5,4	—	40,0	1,2	0,7	2,0	0,37—0,19	1,1—0,55	0,025	0,075	2,5
5.	Tropfverfahren ohne Absitz-, Faul- oder Klärbecken .	—	5,4	—	40,0	1,2	—	—	0,19	0,55	0,025	0,075	2,5
6.	Rieselverfahren	—	—	—	(Dünn- und Sturmwass.) 270,0	—	—	—	—	—	0,0087	(Dünn- und Sturmwass.) 0,022	—

Digitized by Google

Royal Commission on Sewage Disposal.

Diese schon lange Zeit vor Erlass der oben mitgeteilten Bestimmungen bestehende Auffassung des Local Government Board, die das biologische Verfahren als selbständige, allein ausreichende Reinigungsmethode nicht anerkennt, hat im Jahre 1898 zur Ernennung der „Royal Commission on Sewage Disposal" geführt. Begeisterte Anhänger des biologischen Verfahrens, welche die Auffassung der Zentralbehörde über die Bewertung des biologischen Verfahrens nicht zutreffend fanden, verstanden nämlich, das Parlament für sich zu gewinnen, und erreichten durch Erlass der Königin die Einsetzung vorgenannter Kommission. Dieselbe besteht aus 9 Mitgliedern, nämlich aus 2 Ingenieuren, 2 Medizinern, 1 Bakteriologen, 1 Chemiker und 3 Laien.

Die Kommission hat die Aufgabe, „to inquire and report what methods of treating and disposing of sewage may properly be adopted". Ihr Amt erlischt, sowie sie ihren abschliessenden Bericht dem Parlament vorgelegt hat. Dieses spricht dann das letzte Wort, genehmigt, modifiziert oder verwirft die Vorschläge der Kommission; nach dem definitiven Beschluss des Parlaments verfährt dann die Aufsichtsbehörde bei der Genehmigung der vorgelegten Projekte.

Zwecks Lösung der der Kommission gestellten Aufgabe stellt dieselbe das Gesamtgebiet der Abwasserreinigungs- und Abwasserbeseitigungsfrage betreffende Erhebungen an, die das verwaltungsrechtliche Gebiet in gleicher Weise betreffen wie das technische und wissenschaftliche Gebiet; sie hält Sitzungen ab, in denen sie die verschiedensten auf dem Abwassergebiete tätigen Persönlichkeiten befragt, sie besichtigt die wichtigsten Abwasserreinigungsanlagen und lässt zur Klärung spezieller, noch nicht näher geprüfter oder strittiger Punkte Feststellungen und Versuche durch ihre Kommissare (1 Ingenieur, 2 Bakteriologen, 2 Chemiker) anstellen.

Die mit grosser Sachkenntnis und zielbewusstem Vorgehen bislang gemachten Ermittelungen hat die Royal Commission in 3 Berichten, nämlich einem Interimberichte, einem 2. und 3. Berichte, mit umfangreichen Beilagen dem Parlamente vorgelegt.[1])

Das in diesen Berichten niedergelegte Tatsachenmaterial, welches die Berieselung, den Wert des biologischen Verfahrens im Vergleich zur Landbehandlung, die zweckmässigste Beseitigung der gewerblichen

1) Vor kurzem ist ein 4. Bericht dem Parlament vorgelegt worden (Fourth Report, Pollution of Tidal Waters. 28. Dez. 1903.)

Digitized by Google

Abwässer, die Standards (in chemischer, bakteriologischer und biologischer Hinsicht), Beziehungen zwischen Typhus, Austern und Abwasser und anderes mehr behandelt, hat in vorliegender Arbeit weitgehende Berücksichtigung gefunden; das in bakteriologischer Beziehung Mitgeteilte wird ausserdem noch zusammen mit Arbeiten der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt in Berlin demnächst eine ausführliche Besprechung und Würdigung erfahren. Wir beschränken uns hier auf eine kurze Wiedergabe einiger, uns besonders wichtig erscheinender Ermittelungen und Vorschläge der englischen Kommission:

1. Für die Reinigung der Abwässer auf Land scheint im allgemeinen jede Bodenart geeignet; bei Torf- und Tonböden kann aber die für eine ausreichende Berieselung erforderlich werdende Fläche, zumal bei nur geringer Deckschicht, so gross werden, dass eine praktische Durchführung der Landberieselung ausgeschlossen erscheint.

2. Das biologische Verfahren vermag, vom chemischen Standpunkte aus betrachtet, die Schmutzwässer in befriedigender Weise zu reinigen; in bakteriologischer Beziehung steht das biologische Verfahren der Landberieselung nach.

3. Die Reinigung der gewerblichen Abwässer erfolgt am zweckmässigsten gemeinsam mit der der städtischen Schmutzwässer, d. h. es empfiehlt sich die Einführung gewerblicher Wässer in die städtischen Kanäle so viel wie irgend möglich; eine Vorbehandlung der gewerblichen Abwässer auf dem Fabrikgrundstücke ist hierbei mit Rücksicht auf die Erhaltung der Kanäle und zwecks Erleichterung der späteren Reinigung der Schmutzwässer unter Umständen erforderlich.

4. Es empfiehlt sich dringend die Schaffung weiterer Conservancy Boards.

5. Zur Entscheidung strittiger Punkte sind die öffentlichen Gerichte aus mehreren Gründen ungeeignet; es empfiehlt sich statt dessen die Schaffung einer aus Sachverständigen bestehenden Zentralinstanz, für die ein Leiter, ein mit der Abwasser- und Wasserbakteriologie vertrauter Bakteriologe, ein mit der Abwasser- und Wasserchemie vertrauter Chemiker, ein Ingenieur mit Spezialkenntnissen in Geologie und Wasserversorgung sowie die Angliederung eines Laboratoriums zwecks Anstellung erforderlich erscheinender Prüfungen als notwendig erachtet wird.

Ausserdem hat die Royal Commission mit richtigem Blick die Wichtigkeit allgemein angewandter Untersuchungsmethoden erkannt und daher die Ausarbeitung der bakteriologischen und chemischen Bestimmungsarten als eine ihrer Hauptaufgaben betrachtet. Auch diese Arbeiten sind schon weitgehend gefördert: die bakteriologischen Methoden sind bereits veröffentlicht und die Veröffentlichung der chemischen Methoden steht in allernächster Zeit bevor.

Trotz der zahlreichen, seitens der Royal Commission bislang studierten Aufgaben bleibt derselben ein ausgedehntes Arbeitsfeld zu erledigen noch übrig; aus diesem hebt die Kommission selbst folgende Punkte als besonders wichtig hervor:

1. Desinfektion der Schmutzwässer;
2. Einleitung der Abwässer in der Ebbe und Flut unterworfene Vorfluter;[1])
3. Reinigung der gewerblichen Abwässer.

Kapitel III.

Die Vorgänge im Faulraum und im biologischen Körper; die chemischen und bakteriologischen Untersuchungsmethoden; Beurteilung des Reinigungseffektes.

A. Die Vorgänge im Faulraum und im biologischen Körper.

Auffassung in England.

In England ist ganz allgemein die Auffassung vertreten, dass die Vorgänge, welche auf die Reinigung des Abwassers im biologischen Verfahren hinwirken, auf die Tätigkeit von Kleinlebewesen, teils anaërober, teils aërober Natur zurückzuführen sind. Die nach einander wirkende Tätigkeit beider Arten hält man für eine erfolgreiche biologische Reinigung des Abwassers als unerlässlich. Die zuerst einsetzende Tätigkeit anaërober Bakterien erzeuge (bei Abwesenheit von Luftsauerstoff) Fäulnisprozesse, wobei die gelösten organischen Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen unter Bildung von reichlichen Schwefelwasserstoff- und Kohlensäuremengen abgebaut und in einfache Amido- und Ammoniakverbindungen oder auch in Karbonsäuren umgesetzt werden. Die unlöslichen Stickstoffverbindungen sollen in analoger Weise wie die gelösten Stoffe verändert werden und hierbei in

1) In dem 4., dem Parlamente kürzlich vorgelegten Berichte eingehend behandelt.

Digitized by Google

Lösung gehen (es tritt eine „Verflüssigung" der festen Stoffe ein), während die ungelösten Kohlenstoffverbindungen vorwiegend in Gasform (CH_4) übergeführt („vergast") werden sollen. An diese Reduktionsprozesse schliessen sich nach dortiger Auffassung durch aërobe Bakterien (bei Gegenwart von Sauerstoff) bedingte Oxydationsprozesse an (hierbei entstehen gleichfalls erhebliche Kohlensäuremengen), welche die bei dem ersten Prozesse gebildeten Abbauprodukte oxydieren und, z. B. die Stickstoffverbindungen, in Nitrate überführen, also die ursprünglich vorhandenen hochmolekularen organischen Verbindungen schliesslich in anorganische Körper umbilden oder, wie man auch sagt, mineralisieren sollen. Sowohl bei den Reduktions-, wie bei den Oxydationsprozessen nimmt man an, dass die Kleinlebewesen entweder die vorhandenen organischen Stoffe direkt zersetzen oder auch als einfache Sauerstoffüberträger (etwa in der Art der Essigbakterien bei der Schnellessigfabrikation) oder indirekt wirken, indem sie Fermente bilden, welche dann ihrerseits die organischen Verbindungen spalten.

Die anaëroben Prozesse finden nach englischer Auffassung entweder in Faulbecken statt oder auch schon vorher in den Kanälen, wenn dieselben eine genügende Länge haben, d. h. wenn das Abwasser genügend lange Zeit in denselben sich aufhält, die aëroben Prozesse in den biologischen Körpern. Auch in den biologischen Körpern können sich nach englischer Auffassung anaërobe Prozesse abspielen, namentlich dann, wenn ihnen frisches, in den Kanälen noch nicht gefaultes Abwasser direkt, d. h. ohne Passieren eines Faulraumes, zugeführt wird. In solchen Fällen werden die Füllkörper der oberen Stufe für nichts anders denn als Faulräume angesehen, während die Oxydation erst den Körpern der zweiten Stufe zufällt.

Auffassung in Deutschland.

Aus diesen Darlegungen ist ersichtlich, dass in England andere Auffassungen herrschen als bei uns in Deutschland. Hier hält man nämlich vielfach einen durch Reduktionsprozesse bewirkten Abbau der organischen Substanzen zwecks Erzielung eines befriedigenden Reinigungseffektes keineswegs für erforderlich, ist vielmehr der Ansicht, dass die Stickstoffverbindungen auch direkt mineralisiert werden können und dass hierbei nicht allein Kleinlebewesen, sondern auch physikalisch-chemische Vorgänge wirksam auftreten. Dabei nimmt man an, dass bei dem Füllverfahren in der Zeit des Vollstehens der biologischen Körper das Abwasser durch ähnliche Vorgänge, wie sie sich im Boden abspielen, gereinigt wird, während in der sich anschliessenden Lüftungsperiode die zurückgehaltenen Schmutzstoffe durch Bakterien-

wirkung mineralisiert werden. Eine intensive Bakterientätigkeit tritt nach dieser Auffassung also nur in der Periode des Leerstehens ein und ist allein auf die Reinigung des Körpers durch den Abbau der zurückgehaltenen Schmutzstoffe gerichtet, während nach der englischen Auffassung aërobe Bakterien während der Zeit des Vollstehens der Füllkörper die Reinigung des Schmutzwassers besorgen und die Zeit des Leerstehens eines biologischen Körpers nur dazu da sein soll, um den Organismen als „Ruhepause" zu dienen. Ferner nimmt man bei den Tropfkörpern in sinngemässer Anwendung obiger Ausführungen nach deutscher Auffassung beide Vorgänge, die physikalisch-chemischen und die biologischen, als nebeneinander verlaufend an, wobei der erstgenannte Vorgang naturgemäss dem zweiten vorausgehen muss, während in England ausschliesslich wieder Bakterien als wirksames Agens in den Tropfkörpern angesehen werden.

B. Englische und deutsche Untersuchungsmethoden.

Was die zur Feststellung der Beschaffenheit eines Abwassers dienenden physikalischen und chemischen Untersuchungsmethoden betrifft, so ist zunächst darauf hinzuweisen, dass allgemein giltige Vorschriften in England ebensowenig vorhanden sind wie bei uns in Deutschland. Für einzelne Gebiete bestehen aber solche Vorschriften, so z. B. für den Bereich des Mersey and Jrwell Joint Committee, von Roscoe und Scudder nach den Ergebnissen systematischer Prüfung sehr sorgfältig ausgearbeitet.

Nichtsdestoweniger haben sich in England ebenso wie bei uns durch das ganze Land fast überall einheitliche Methoden eingeführt, die allerdings von den unsrigen zum Teil abweichen.

Physikalische Eigenschaften eines Abwassers, Chloride, Nitrate, Nitrite.

Die Ermittelung der physikalischen Eigenschaften eines Abwassers, die Bestimmung der suspendierten Stoffe, des Abdampfrückstandes, der Chloride, der Nitrate und Nitrite erfolgt in England nach etwa gleichen Methoden wie in Deutschland. Nach verschiedenen Methoden werden bestimmt: das Ammoniak, die durch Kaliumpermanganat oxydierbaren Substanzen, sowie in gewissem Sinn der organische Stickstoff.

Ammoniak.

Das „fertiggebildete" Ammoniak (kurzweg meist Ammoniak genannt) wird nämlich in England durch Destillation des Abwassers unter Zusatz geringer Sodamengen (Na_2CO_3), in Deutschland hingegen teils gleichfalls durch Destillation, jedoch unter Zusatz von gebrannter

Digitized by Google

Magnesia (MgO), teils ohne Destillation durch direkte Nesslerisierung des mit Sodanatronlauge versetzten Abwassers bestimmt.

Die in einem Wasser enthaltenen oxydierbaren Substanzen (die Oxydierbarkeit eines Wassers) werden in England ebenso wie in Deutschland durch Kaliumpermanganat gemessen und die verbrauchten Permanganatmengen entweder als „Sauerstoffverbrauch"[1]) (fast ausschliesslich) oder als „Kaliumpermanganatverbrauch" (äusserst selten) angegeben. Die Art der Ausführung der Bestimmung ist aber in beiden Ländern eine durchaus verschiedene. In England erfolgt dieselbe durch kürzeres oder längeres Einwirken („Dreiminutenprobe", „Fünfzehnminutenprobe", „Vierstundenprobe") einer Kaliumpermanganatlösung auf das angesäuerte Abwasser bei meist 26,7° C., Zusatz von Jodkalium und Zurücktitration des freigewordenen Jods mit Natriumthiosulfat, in Deutschland (nach Kubel) durch 10 Minuten langes Kochen des angesäuerten Abwassers mit einer Kaliumpermanganatlösung, Zusatz von Oxalsäure und Zurücktitration mit Kaliumpermanganat. Sauerstoff- u. Kaliumpermanganatverbrauch.

Die organischen stickstoffhaltigen Substanzen werden in England und in Deutschland in gleicher Weise bestimmt und zwar entweder durch die „Kjeldahl"methode (Kochen des eingedampften Wassers nach vorherigem Zerstören etwa vorhandener Nitrate oder Nitrite mit konzentrierter Schwefelsäure, Abdestillieren des gebildeten Ammoniaks, Nesslerisierung und Abzug der fertiggebildeten Ammoniakmenge von dem erhaltenen Werte) oder durch die „Wanklyn"'sche Albuminoidstickstoffmethode (Abdestillieren des fertig gebildeten Ammoniaks, dann weiteres Destillieren mit stark alkalischer Permanganatlösung, Nesslerisieren des Destillats). Der bei der zuletzt genannten Methode erhaltene Stickstoff stellt nur einen Teil des Kjeldahlstickstoffs und zwar den durch alkalische Permanganatlösung als Ammoniak abspaltbaren Teil dar und wird meistens als sogenanntes „Albuminoidammoniak" angegeben, während das durch die Kjeldahlmethode erhaltene Ammoniak nach Abzug des fertiggebildeten Ammoniaks in Stickstoff umgerechnet und als „organischer (Kjeldahl-) Stickstoff" bezeichnet wird. Organischer Stickstoff, Albuminoidammoniak.

Die Ausführung und Berechnung vorgenannter beider Methoden ist also in beiden Ländern die gleiche, nicht so ihre praktische Anwendung.

---

1) 1 Teil O entspricht etwa 4 Teilen $KMnO_4$ (genau 3,952); 1 Teil $KMnO_4$ etwa $^1/_4$ Teil O (genau 0,253).

Die Menge der in einem Wasser sich findenden organischen Stickstoffverbindungen wird in England nämlich fast ausschliesslich nach der Menge des Albuminoidammoniaks, in Deutschland nach der Menge des organischen Stickstoffs beurteilt. Nach den erhaltenen absoluten Werten sowie nach der Abnahme, welche diese Werte durch ein Reinigungsverfahren erfahren, wird der hinsichtlich der organischen Stickstoffverbindungen bewirkte Reinigungseffekt berechnet.

Vergleich der englischen Methoden mit den deutschen.

Was den Wert der vorgenannten, von den deutschen verschiedenen bezw. verschieden angewandten englischen Methoden zur Bestimmung des Ammoniakgehaltes, des Sauerstoffverbrauches und der stickstoffhaltigen organischen Substanzen anlangt, so können dieselben als ebenso praktisch brauchbar angesehen werden wie die deutschen; direkt vergleichbar mit denselben sind jedoch nur die bei den Ammoniakbestimmungen erhaltenen Werte, die, praktisch beurteilt, die gleichen sind, gleichgiltig, ob die Destillation mit Magnesia oder mit Soda[1]) vorgenommen wird oder ob das Ammoniak direkt kolorimetrisch in dem stark alkalisch gemachten Abwasser bestimmt wird; nicht direkt vergleichbar, jedoch ungefähr berechenbar sind die deutschen und englischen Sauerstoffverbrauchswerte; weder vergleichbar noch berechenbar aber ist das Verhältnis des organischen Stickstoffs zum Albuminoidstickstoff, wie dies z. B. die nachstehenden, von G. J. Fowler (Manchester) erlangten Untersuchungsergebnisse sowie auch die Untersuchungen von Scudder (vergl. Tabelle 11) zeigen:

Tabelle 7.

Bezeichnung der Probe	Organischer Kjeldahlstickstoff	Albuminoidstickstoff (n. Wanklyn)
	mg NH_3 pro 1 l	
Rohwasser	21,1	12,3
Rohwasser	19,7	7,3
Faulbeckenabfluss . .	23,1	5,1
Faulbeckenabfluss . .	18,8	5,9

Aus vorstehender Tabelle 7 sowie aus Tabelle 11 ergibt sich, dass die Werte für Albuminoidstickstoff durchweg, und zwar nicht unerheb-

1) Bei der Sodadestillation werden fast stets etwas höhere Werte als bei der Magnesiadestillation und bei der letzteren bald höhere, bald niederere als bei der direkten Bestimmung erlangt.

Digitized by Google

lich, niedriger sind als die Werte für den Kjeldahlstickstoff, dass aber ein festes Verhältnis zwischen den beiden Werten nicht vorhanden ist.

Während also eine Umrechnung des Albuminoidstickstoffs in organischen Stickstoff unmöglich ist — es sind dies ja auch ganz verschiedene Begriffe —, so ist dies doch, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, bei den englischen und deutschen Sauerstoffverbrauchswerten möglich. Aus nachstehender Tabelle, welche einer Fullerschen Arbeit entnommen ist, sind die zwischen den einzelnen Methoden der Permanganatbestimmungen bestehenden Verhältnisse ersichtlich:

Tabelle 8.

Methode der Bestimmung	Temperatur der Flüssigkeit	Länge der Einwirkung	Vergleichszahl	Bemerkungen
In Lawrence . . .	kochend	2 Minuten	0,65	nach Kubel.
In Nordamerika . .	„	5 „	1,00	nach Kubel.
In Deutschland . .	„	10 „	1,25	nach Kubel.
Wirkl. O-Verbrauch	„	4 Stunden	4,00	nach Kubel.
In England . . .	26,7° C.	3 Minuten	0,2	
		15 „	0,35	
		4 Stunden	0,60	

Setzt man den nach 5 Minuten langem Kochen erhaltenen Wert = 1, so ist nach der vorstehenden Tabelle der nach 10 Minuten langem Kochen erhaltene Wert etwa $^1/_4$ mal höher und der durch 3 Minuten lange Einwirkung des Kaliumpermanganats bei 26,7° C. erhaltene Wert der 5. Teil desselben. Ferner zeigt die Tabelle, dass der in England durch 4 Stunden lange Einwirkung („Vierstundenprobe") für den Sauerstoffverbrauch erhaltene Wert etwa nur halb so hoch ist wie der nach deutscher Methode durch 10 Minuten langes Kochen erhaltene Sauerstoffverbrauch.

In unseren nachstehenden Ausführungen geben wir vielfach Werte, welche nach englischer Methode nach 4 Stunden langer Einwirkung erhalten worden sind. Diese Werte sind mithin zu verdoppeln, um mit den in Deutschland erhaltenen Werten verglichen werden zu können. Ob diese Verdoppelung der englischen Werte in allen Fällen zulässig ist, soll hier nicht näher erörtert werden. Soviel sei aber gesagt, dass bei Werten, welche bei der Untersuchung von Rohwässern gewonnen werden, öfter eine Verdoppelung nicht zulässig erscheint, wohl aber meistens bei biologisch gereinigten (nicht mehr fäulnisfähigen und vor allem von flüchtigen Verbindungen freien) Abwässern.

Der seitens des Mersey and Irwell Committee für genügend ge-

Digitized by Google

reinigtes Abwasser aufgestellte Grenzwert für den Sauerstoffverbrauch 14,3 entspricht nach den Fuller'schen Vergleichszahlen also einem Sauerstoffverbrauch von etwa 28,6 mg nach unserer Methode ermittelt oder, als $KMnO_4$-Verbrauch angegeben, rund 114 mg pro Liter.

Chemischer Reinigungseffekt.

Zur Feststellung des durch ein Reinigungsverfahren bewirkten Reinigungseffektes wird in England ebenso wie in Deutschland, neben der Ermittelung der physikalischen Eigenschaften, die Menge der vorhandenen Schwebestoffe, der Gehalt des Wassers an Ammoniak und an Albuminoidammoniak, sowie der Sauerstoffverbrauch des betreffenden Abwassers festgestellt. Aus der Verminderung, welche diese Stoffe durch ein bestimmtes Reinigungsverfahren erfahren haben, sowie auch aus den erhaltenen absoluten Werten[1]) wird dann ebenso wie in Deutschland der erzielte Reinigungseffekt angegeben. Für gut gereinigte Abflüsse aus biologischen Körpern wird vielfach das Vorhandensein von Nitraten und Nitriten als unerlässlich erachtet. Einfache Reaktionen, welche ohne weiteres erkennen lassen, ob ein Wasser vom chemischen Standpunkte aus als gut oder schlecht zu betrachten ist, gibt es in England ebenso wenig wie in Deutschland. Wohl aber hat man daselbst, gestützt auf die seitens der Aufsichtsbehörden aufgestellten Grenzwerte, einfache Methoden ausgearbeitet, deren Handhabung auch Nichtchemikern, z. B. Klärmeistern, gestattet werden kann. Hierher gehört die zu diesem Zweck umgearbeitete Dreiminutenprobe: Man setzt zu einer bestimmten Menge eines gereinigten Abwassers eine genau abgemessene Menge einer Kaliumpermanganatlösung; tritt nach 3 Minuten eine Entfärbung der Flüssigkeit ein, so wird das Wasser als schlecht, hält sich die Farbe, so wird es als gut angesehen.

Fäulnisfähigkeit.

Die Fäulnisfähigkeit eines Wassers wird oftmals ausser durch die Geruchsprobe bezw. durch den Nachweis von Schwefelwasserstoff beim Aufbewahren des Abwassers in offenen oder geschossenen Flaschen durch die von Scudder ausgearbeitete „Bebrütungsprobe" festgestellt. Dieselbe stützt sich auf die Erfahrung, dass die Fäulnisprodukte mehr $KMnO_4$ verbrauchen als das ungefaulte, d. h. frische Abwasser. Die Methode liefert recht brauchbare Werte. Da die hiermit erlangten Ergebnisse bei unserer Besprechung der einzelnen Anlagen nicht mit aufgeführt sind (es hätte dies zu weit geführt), so soll von ihrer Beschreibung an dieser Stelle abgesehen werden.

1) Vergl. die auf S. 18 und 19 mitgeteilten Standards der verschiedenen Flussaufsichtsbehörden.

Digitized by Google

Schwebestoffe.

Ein Punkt bedarf aber noch der Erwähnung: die Bedeutung der Schwebestoffe bei Beurteilung der englischen Untersuchungsergebnisse. Während nämlich in Deutschland die einzelnen chemischen Bestimmungen vorwiegend nur im filtrierten Abwasser ausgeführt werden, erfolgt in England die Ermittelung aller Werte fast ohne Ausnahme im unfiltrierten Wasser; die deutschen Werte beziehen sich also nur auf die im Abwasser gelösten Stoffe, die englischen Werte hingegen auf die gelösten und suspendierten Bestandteile eines Abwassers. Es erklärt sich diese von der deutschen so verschiedene Art der Ausführung der chemischen Analysen durch den Umstand, dass die von den englischen Flussaufsichtsbehörden aufgestellten Standards für das Wasser gelten, wie es dem öffentlichen Wasserlauf zufliesst, also ohne besondere Rücksicht auf gelöste oder suspendierte Stoffe. Bei der Aufstellung der Standards ging man von der sehr richtigen Erkenntnis aus, dass z. B. die organischen Stoffe, welche in ungelöster Form vorhanden sind, mindestens als ebenso gefährlich zu betrachten seien wie die in gelöster Form sich findenden, also ein Unterschied zwischen gelösten und ungelösten Stoffen praktisch nicht gemacht werden darf. Diese in England übliche Ausführung der Bestimmungen im unfiltrierten Wasser ist ein Umstand von fundamentalster Bedeutung, der bei Beurteilung der englischen Analysenergebnisse und der aus ihnen berechneten Reinigungseffekte fortdauernd Berücksichtigung finden muss.

Wie gross diese Unterschiede sein können, ist aus nachstehenden Tabellen 9 und 10 ersichtlich[1]. Tabelle 9, in welcher die absoluten

Tabelle 9.

Art des Abwassers	mg pro 1 l			Im filtrierten Wasser betrug der Sauerstoffverbrauch weniger %
	Suspend. Stoffe	Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) im unfiltriert. Wasser	Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) im filtrierten Wasser	
Rohwasser	569,0	115,5	55,4	52
Rohwasser	569,0	117,9	58,3	51
Klärbeckenabfluss . .	114,0	70,2	53,4	24
Klärbeckenabfluss . .	114,0	72,2	56,5	22
Kokskörperabfluss . .	50,0	10,0	8,4	16
Kokskörperabfluss . .	50,0	10,5	9,2	12

1) Nach Untersuchungen von Clowes (London).

Digitized by Google

Werte eingetragen sind, lässt erkennen, dass die im filtrierten Rohwasser ermittelten Sauerstoffverbrauchswerte um die Hälfte niedriger sind als die im unfiltrierten Wasser, dass also durch einfache Filtration des Rohwassers durch Filtrierpapier, nach dem Sauerstoffverbrauch beurteilt, ein Reinigungseffekt von 51 bis 52 % erreicht wurde.

Tabelle 10, in welcher die Reinigungseffekte eingetragen sind, lässt erkennen, dass nach den im filtrierten Wasser ermittelten Werten der Reinigungseffekt oft bedeutend niedriger sich stellt, als wenn die Bestimmung im unfiltrierten Wasser erfolgte und nach diesen Werten der Effekt beurteilt wurde. Wie Tabelle 9 zeigt auch Tabelle 10 einen deutlichen Zusammenhang der erhaltenen Sauerstoffverbrauchswerte mit der Menge der in dem untersuchten Wasser enthaltenen Schwebestoffe. Die im filtrierten und unfiltrierten Wasser ermittelten Werte sind naturgemäss umso grösser, je mehr Schwebestoffe in einem Wasser vorhanden sind. Selbstverständlich gilt dies aber nur ganz allgemein gesprochen, da ausser der Menge auch die Beschaffenheit der Schwebestoffe (ob mehr organisch oder mehr anorganisch) eine bestimmende Rolle spielt.

Tabelle 10.

Art des Abwassers	Suspend. Stoffe in mg pro 1 l	Abnahme des Sauerstoffverbrauchs in % berechnet auf: Rohwasser, im unfiltr. Abwasser ermittelt	Rohwasser, im filtrierten Abwasser ermittelt	Klärbeckenabfluss, im unfiltr. Abwasser ermittelt	Klärbeckenabfluss, im filtrierten Abwasser ermittelt
Klärbeckenabfluss . .	114,0	39	3.6	—	—
Klärbeckenabfluss . .	114,0	39	3.1	—	—
Kokskörperabfluss . .	50.0	91.3	84.9	85.7	84.3
Kokskörperabfluss . .	50.0	91,1	84.2	85,5	83,7

Ebenso wie für den Sauerstoffverbrauch gilt dies natürlich auch für die anderen Bestimmungen, wie dies aus Tabelle 11 für die stickstoffhaltigen Substanzen ersichtlich ist[1].

Bakteriologische Untersuchungen.

Von einer Besprechung der in England üblichen bakteriologischen Untersuchungen, speziell der Methoden, welche von Houston im Auftrage der Royal Commission zwecks Gewinnung einheitlicher, mit-

1) Nach Untersuchungen von Scudder (Manchester).

Digitized by Google

Tabelle 11.

Bezeichnung der Probe	In 1 Liter sind enthalten mg					
	Ammoniak		Albuminoid-Ammoniak		Organisches „Kjeldahl"-Ammon.	
	im unfiltr.	im filtrierten	im unfiltr.	im filtrierten	im unfiltr.	im filtrierten
	Wasser		Wasser		Wasser	
No. 1.	23,3	22,5	1,1	0,5	6,4	5,2
„ 2.	25,5	23,7	1,7	0,9	8,4	5,3
„ 3.	26,2	20,4	2,0	0,8	3,6	1,9
„ 4.	24,9	24,2	2,1	1,0	6,6	2,9

einander vergleichbarer Resultate zusammengestellt worden sind, nehmen wir aus den auf Seite 25 dieses Berichtes aufgeführten Gründen Abstand. Erwähnen wollen wir hier aber kurz, dass in England die in einem Abwasser sich findenden Bakterienkeime unter entsprechender Verdünnung des zu prüfenden Abwassers mit sterilem Wasser ebenso wie in Deutschland teils durch Nährgelatineplatten (Bebrütung bei 18—22 ° C.), teils durch Agarplatten (Bebrütung bei 37 ° C.) ermittelt werden, und dass man neben diesen die Gesamtzahl der Bakterien ermittelnden Methoden besonderen Wert legt auf die Feststellung bestimmter Bakterienarten, so des B. coli, des B. enteritidis sporogenes (Klein) und bestimmter Streptokokkenarten, aus deren Abnahme man bessere Schlüsse ziehen will als aus der Veränderung, welche die Gesamtzahl der Bakterien durch ein Reinigungsverfahren erlitten hat. Beachtenswert scheint uns hierbei der seitens der englischen Versuchsanstеller zur Lösung dieser Aufgabe eingeschlagene Weg, der auf einfache Untersuchungsmethoden, die eine Anwendung auch in grösserem Umfange (bei grösseren vergleichenden Versuchsreihen) gestatten und bei Kontrolle eines Reinigungsbetriebes (auch von weniger Geübten) praktische Verwendung finden können, hinzielt.

Ausser der chemischen und bakteriologischen Prüfung wird in England auch der sog. biologischen Untersuchungsmethode eine hohe Aufmerksamkeit geschenkt. Manche englische Untersucher stellen dieselbe über die chemische Analyse. Systematische biologische Untersuchungen fehlen, von den Leedser Untersuchungen[1]) abgesehen. Biologische Untersuchung.

1) Vergl. diese Arbeit Kapitel IV No. 14: Leeds.

Digitized by Google

in England aber so gut wie vollständig. Die Prüfung ist mehr eine makroskopische, und zwar hält man das Auftreten hellgrüner Algen (Chlorophyceen) entweder in aufbewahrten Abwasserproben, in Gräben, welche von dem gereinigten Abwasser durchflossen werden, oder in Wasserläufen, in welche ein gereinigtes Abwasser eingeleitet wird, allgemein als ein Zeichen für ein befriedigend gereinigtes, nicht mehr fäulnisfähiges Abwasser; das Auftreten blaugrüner Algen (Cyanophyceen) gilt schon als weniger günstig, und als schlechter Reinigungseffekt wird das Auftreten niederer Pilze (Leptomitus etc.) betrachtet.

Fisch-versuche.

Dibdin's „Fish Test". Einsetzen verschiedener Fischarten in gereinigte Abwässer und Beobachten, ob die Fische am Leben bleiben oder absterben, findet in Ergänzung vorgenannter Methoden zur Beurteilung der durch eine Abwasseranlage bewirkten Reinigung in England ebenso wie in Deutschland in manchen Fällen Anwendung. Systematische, auf streng wissenschaftlicher Basis stehende Versuche fehlen in England ebenso wie in Deutschland.

Kapitel IV.

Beschreibung der besichtigten Anlagen.

A. Allgemeines.

Die „Royal Commission on Sewage Disposal" unterscheidet folgende 10 Unterarten des biologischen Verfahrens:

1. Geschlossene Faulbecken (closed septic tanks) und Füllkörper (contact beds);
2. Offene Faulbecken (open septic tanks) und Füllkörper;
3. Klärbecken (chemical treatment, subsidence tanks) und Füllkörper;
4. Absitzbecken (subsidence tanks) und Füllbecken;
5. Füllbecken direkt mit Rohwasser beschickt;
6. Geschlossene Faulbecken und Tropfkörper (continuous filters);
7. Offene Faulbecken und Tropfkörper;
8. Klärbecken und Tropfkörper;
9. Absitzbecken und Tropfkörper;
10. Tropfkörper direkt mit Rohwasser beschickt.

Wir hatten ursprünglich die Absicht, bei der Beschreibung der von uns besichtigten Anlagen den Stoff nach einzelnen Systemen ge-

Digitized by Google

ordnet, etwa in der von der Royal Commission gewählten Einteilung, und zwar unter Hinweis auf das Charakteristische der einzelnen Unterarten zu besprechen. Von dieser Art der Beschreibung, welche den Leser gewissermassen wie von selbst in die verschiedenen Systeme eingeführt hätte, mussten wir Abstand nehmen, da sie nicht genügenden Einblick in die Methode der an den einzelnen Orten geübten vergleichenden Versuchsanstellung, d. h. in die Entwickelung der auf die Ergebnisse dieser Versuche gegründeten definitiven Anlage gestattet haben würde. Wir bringen daher die Beschreibung in der Reihenfolge der Besichtigung. Eine vergleichende Besprechung folgt im Kapitel V.

Die Reise wurde am 23. Januar 1903 begonnen und am 15. Februar 1903 beendet. Sie ging über Ostende nach London, Manchester, York, Birmingham, Bristol und über London zurück.

In London wurden wir von Herrn Power, dem Medizinal-Dezernenten, und von Herrn Willcocks, dem technischen Dezernenten des Local Government Board, in freundlichster Weise empfangen und mit den staatlichen Einrichtungen für die Beaufsichtigung der Flüsse bekannt gemacht; sodann wurden wir bei der Royal Commission, welche zu jener Zeit versammelt war, eingeführt und erhielten von dem Sekretär dieser Kommission, Herrn Willis, ein Empfehlungsschreiben, in welchem die Vorstände der einzelnen Städte und Orte ersucht wurden, uns ihre Anlagen zugänglich zu machen und uns über dieselben zu unterrichten. Dieses Empfehlungsschreiben hat uns bei allen Behörden Tür und Tor geöffnet, sodass wir nirgends auf Schwierigkeiten irgend welcher Art gestossen sind.

Standquartiere wurden genommen in London, Manchester, Birmingham und Bristol, und von diesen Standquartieren aus wurden die benachbarten Anlagen unter Benutzung von Eisenbahn und Wagen besichtigt. Ueber die Lage der einzelnen Orte ist der Plan Blatt 1 zu vergleichen. Es wurden besichtigt:

1. Von London aus:

am 27. Januar: Sutton;
am 28. Januar: Barking, die Reinigungsanlage für einen Teil von London;
am 29. Januar: Hendon und Wealdstone;
am 30. Januar: Caterham (Kaserne).

2. Von Manchester aus:

am 2. Februar: Davyhulme, die Reinigungsanlage für Manchester;
am 3. Februar: Salford und Swinton;

am 4. Februar: Oldham und Heywood;
am 5. Februar: Accrington;
am 6. Februar: Chorley;
am 7. Februar: York;
am 9. Februar: Knostrop, die Anlage für Leeds.

3. Von Birmingham aus:

am 10. Februar: Tyburn, die Anlage für Birmingham;
am 11. Februar: Tipton und Lichfield.

4. Von Bristol aus:

am 12. Februar: Horfield.

Bei der Besichtigung jeder einzelnen Anlage wurde von uns eine Reihe von Fragen gestellt, welche bei Antritt der Reise aufgestellt worden waren. Auskünfte, welche wir bei der örtlichen Besichtigung nicht erlangen konnten, wurden späterhin schriftlich erbeten.

Zur Feststellung des zur Zeit der Besichtigung durch die biologische Anlage erreichten Reinheitsgrades wurden Wasserproben für die Untersuchung entnommen. Da wegen der Kürze der Zeit die Entnahme korrespondierender Proben nicht möglich war, beschränkten wir uns auf die Entnahme von Proben des die biologische Anlage verlassenden, also gereinigten Wassers, gleichgiltig, ob dasselbe noch eine weitere Kläreinrichtung, z. B. ein Rieselfeld, zu passieren hatte oder ob es ohne weitere Behandlung dem Vorfluter zugeführt wurde. Bei dieser Art der Probeentnahme war es zwar nicht möglich, die am Tage der Besichtigung erreichte Abnahme der Schmutzstoffe bei ihrem Durchgang durch die Anlage zu ermitteln, wohl aber war bis zu einem gewissen Grade ein Vergleich der von uns ermittelten Beschaffenheit der Abflüsse mit den Werten möglich, welche durch die Literatur über die betreffende Anlage bekannt geworden sind.

An Ort und Stelle (bei der Entnahme) wurden die Temperatur der betreffenden Wässer und die Lufttemperatur, ausserdem die äussere Beschaffenheit (Klarheit, Geruch, Farbe, Bodensatz) der entnommenen Proben festgestellt. Noch an demselben Tage wurden dann die Durchsichtigkeit und die Reaktion des Wassers sowie einige qualitative Bestimmungen (auf Schwefelwasserstoff, Nitrate, Nitrite) ausgeführt und der Sauerstoffverbrauch des Abwassers durch Kaliumpermanganat ermittelt. Ein Teil der Probe des filtrierten Wassers wurde zur Bestimmung des organischen Stickstoffs mit verdünnter Schwefelsäure, ein zweiter Teil zur Ermittelung des Ammoniaks mit Sodanatronlauge konserviert; ein dritter Teil wurde unfiltriert und ohne Zusatz von

Digitized by Google

Konservierungsmitteln zur Feststellung etwaiger Veränderungen beim Aufbewahren der Probe und zur Ermittelung des Chlorgehalts aufbewahrt. Die letztgenannten drei Proben wurden so schnell wie möglich an das Laboratorium der Königlich Preussischen Versuchsanstalt in Berlin zur weiteren Untersuchung und Feststellung eingesandt. Diesen für die chemische Untersuchung bestimmten Proben wurden gelegentlich auch für die biologische Untersuchung mit Formalin konservierte Proben beigefügt.

In den diesem Kapitel nachgehefteten Anlagen I—VI sind Zusammenstellungen gegeben, welche in tabellarischer Weise alle zweckdienlichen Angaben über die besichtigten Reinigungsanlagen, über die chemischen Analysen nach englischen Methoden und die Analysenresultate der von uns an Ort und Stelle entnommenen Wasserproben nach deutscher Methode enthalten. Auf diese Zusammenstellungen wird besonders verwiesen.

B. Beschreibung der Anlagen im Einzelnen.

1. Sutton.

Sutton, eine Stadt von etwa 18000 Einwohnern, liegt in der Grafschaft Surrey und ist ein Vorort von London, etwa 18 km in südwestlicher Richtung von diesem entfernt. Der Wasserverbrauch wird von der Sutton District Water Company zu etwa 114 Liter pro Tag und Kopf angegeben. Das etwa 750 ha grosse Stadtgebiet ist nach dem Trennsystem entwässert, wobei sämtliches Regenwasser in getrennten unterirdischen Leitungen dem benachbarten Pylgraben zugeführt wird. Das Gelände ist wellig, der Pylgraben ziemlich tief eingeschnitten. Die Reinigungsanlage, welcher, gleichfalls in unterirdischen Leitungen, sämtliches Brauchwasser der Stadt zugeführt wird, liegt etwa 2,4 km von dem Zentrum der Stadt entfernt, und das Wasser braucht etwa 2 Stunden, bis es vom Mittelpunkt der Stadt in den Kanälen zur Reinigungsanlage gelangt. Die Stadt ist in zwei Gebiete, ein oberes und ein unteres Gebiet, geteilt. Allgemeines.

Während das Abwasser des oberen Gebietes mit natürlichem Gefälle auf die Reinigungsanlage gelangt, muss das Abwasser des unteren Gebietes, etwa $^1/_3$ der Gesamtmenge, mit Pumpen auf die Reinigungsanlage gehoben werden. Das Pumpenhaus befindet sich auf dem Grundstück der Reinigungsanlage (Blatt 5). In demselben sind 2 Plungerpumpen von je 8 Pferdestärken aufgestellt, welche von Gasmotoren angetrieben werden. Zubringer

Digitized by Google

Alte Reinigungsanlage.

Die Reinigungsanlage wurde in den Jahren 1891 bis 1893 errichtet und zwar ursprünglich für die chemische Behandlung in Klärbecken. Es waren bis zum Jahre 1896 6 Klärbecken von je etwa 230 cbm Inhalt vorhanden. Dem Abwasser wurden Kalk ($Ca[OH]_2$) und Eisensulfat (Eisenvitriol, $Fe SO_4$) und zwar je nach der Beschaffenheit des Abwassers in wechselnden Mengen, im Mittel etwa 30 g Eisensulfat und etwa 130 g Kalk auf je 1 cbm, zugesetzt. Nach einer kurzen Ruhezeit wurde das geklärte Wasser aus den Klärbecken abgelassen und auf Land mittels intermittierender Filtration behandelt. Schon nach wenigen Jahren stellte es sich heraus, dass die chemische Behandlung ausserordentlich hohe Kosten verursachte und die Gesamtanlage (sowohl die Klärbecken wie namentlich die etwa 7 ha grossen Landflächen) zu klein war, um die gesamten Abwässer in genügender Weise zu reinigen. Auch war es nicht möglich, den aus der chemischen Behandlung erhaltenen Schlamm, welcher mit einem Kostenaufwande von etwa 150 M. die Woche in Kuchen gepresst wurde, anderweitig zu verwerten, weil keine Nachfrage nach ihm war; und die Schlammmassen, welche sich auf der Anlage anhäuften, belästigten die Umgegend mit ihrem Geruch.

Neue Reinigungsanlage.

Auf den Vorschlag des auf dem Gebiet der biologischen Abwasserreinigung wohlbekannten Chemikers Dibdin wurde in den Jahren 1896 und 1897 die neue Anlage nach dem biologischen Verfahren errichtet und im Jahre 1901 auf den jetzigen Umfang erweitert. Diese Anlage, welche auf Blatt 5 und 6 dargestellt ist, hat, da sie zu den ersten derartigen englischen Anlagen gehörte, in der ganzen Welt ein gewisses Aufsehen hervorgerufen; sie ist seit ihrer Inbetriebsetzung von Vertretern aller Länder der Welt besucht worden. Der Anlage werden zur Zeit etwa 2300 cbm Abwasser jeden Tag (24 Stunden) zugeführt, d. i. etwa 127 l pro Tag und Kopf der Bevölkerung. Das gesamte Abwasser durchströmt einen Faulraum, bestehend aus 2 alten Klärbecken mit einem Inhalt von zusammen etwa 450 cbm (auf 1 cbm Abwasser kommen rund 0,2 cbm Faulraum), dessen Abteilungen sowohl nebeneinander wie hintereinander geschaltet werden können, und wird dann über 2 Systeme von Füllbetten geleitet, von denen die Betten der oberen Stufe mit grobem Material und die der unteren mit feinem Material gefüllt sind. Der Abfluss aus den letztgenannten Betten wird dem Pylgraben direkt zugeleitet. Das Abwasser, welches zur Zeit der Besichtigung verhältnismässig dünn war, d. h. verhältnismässig wenig suspendierte Stoffe enthielt, kommt in frischem, d. h. nicht angefaultem Zustande auf der Reinigungsanlage an und setzt sich fast ausschliess-

lich aus häuslichem Abwasser zusammen. Ausser 6 Dampfwäschereien, welche ihr Wasser ohne vorherige Reinigung der Kanalisation zuleiten, sind in der Stadt Fabrikanlagen nicht vorhanden. Eine Sieb- oder Gittereinrichtung ist auf der Reinigungsanlage nicht vorhanden[1]. Desgleichen fehlt eine Vorrichtung, mit welcher die gereinigten oder zu reinigenden Abwassermengen gemessen werden können. Das Wasser gelangt aus dem Kanal bezw. aus den Pumpen direkt in die Faulkammer und durchfliesst dieselbe in etwa $4^1/_2$ Stunden in ununterbrochenem Strom. Das Faulbecken ist mit Wellblech überdeckt, es hat eine Tiefe von etwa 2,5 bis 3,0 m und eine Grundfläche von 150 bis 200 qm. Vorreinigung.

Die im Faulraume im Verlaufe des Betriebes sich bildende Schwimmdecke erreicht eine Dicke von 30 cm bis zu 1 m. Die auf dem Boden des Faulraums sich absetzenden Stoffe sollen pro Monat eine Höhe von 25 mm einnehmen. Zur Zeit der Besichtigung fehlte eine Schwimmdecke, und das Wasser floss in ebenso frischem Zustande aus dem Faulbecken ab, wie es demselben zufloss. Etwa alle 10 Monate wird das Becken abgelassen und der gewonnene Schlamm getrocknet und als Dünger verwendet. Irgend welchen Geruch soll derselbe beim Auslassen aus dem Becken nicht mehr verbreiten. Soweit er nicht auf der Anlage selbst zum Düngen des Ackerlandes (auf welchem übrigens mit dem Anbau von Pfefferminze gute Erfolge[2]) erzielt sein sollen) gebraucht wird, wird er an die benachbarten Grundbesitzer als Dünger unentgeltlich abgegeben. Der Ein- und Auslass des Wassers im Faulbecken wird mit gebogenen Röhren bewirkt, welche in das Wasser etwa 1,0 m eintauchen. Aus dem Faulbecken wird das Wasser verhältnismässig gleichmässig zunächst über die oberen Füllbetten und danach über die unteren Betten verteilt. Gelegentlich soll nicht die gesamte Abwassermenge in den biologischen Körpern gereinigt werden, sondern ein Teil mit Umgehung derselben auf das vorhandene Land aufgeleitet und hier durch Versickerung beseitigt werden. Der Betrieb der einzelnen Betten ist ein unterbrochener. Die Füllung dauert etwa 1 Stunde, die Entleerung etwa 2 Stunden, 2 Stunden bleibt das Wasser in jedem Becken stehen. Die Dauer des Aufenthalts auf der Reinigungsanlage, im Faulraum und in den Füllbecken, beträgt etwa 11 Stunden. Der Betrieb auf der Reinigungsanlage dauert von 6 Uhr früh bis 11 Uhr

Faulraum und Schlamm. Füllbecken.

1) Früher wurde das Wasser durch einen Smith'schen Rechen oberflächlich mechanisch gereinigt und dann direkt den Füllkörpern zugeführt.

2) Einnahme für Pfefferminze im Jahre 1902/3 rund 3600 M.

abends. In der Nacht fliesst verhältnismässig wenig Wasser zu; dieses wird in den Kanälen aufgestaut.

Obere Stufe.

Die Füllbetten der oberen Stufe waren früher mit einem Material gefüllt, welches aus gebrannten Ziegelstücken (burnt ballast) bestand. Die Ziegelstücke wurden in höchst einfacher Weise hergestellt, indem man den auf der Reinigungsanlage an der Erdoberfläche anstehenden Tonboden mit dem Spaten ausgrub und diese Stücke an Ort und Stelle mit Kohlen vermischt aufschichtete und brannte. Die in dieser einfachen Weise hergestellten Tonstücke haben sich sowohl in Sutton wie auch in anderen Anlagen insofern nicht bewährt, als sie nicht hart genug sind und im Laufe der Zeit durch Verwitterung und infolge der Druckpressungen zerfallen und dabei eine verhältnismässig kompakte Masse bilden, welche wenig Wasser durchlässt. Man geht daher in Sutton dazu über, in den Grobbecken an Stelle jener Stücke aus gebranntem Ton solche von Schlacke zu nehmen, d. h. von Rückständen auf Kesselrosten in industriellen Anlagen aller Art.

Untere Stufe.

Die Feinbecken sind vor Beginn des Betriebes der biologischen Anlage mit Koksgrus und Schlacke angefüllt; es ist an ihnen seit ihrer Inbetriebnahme bis jetzt nichts geändert worden. In den oberen Füllbetten, welche eine Gesamtoberfläche von etwa 800 qm und eine Tiefe von 1,5 m haben, und deren Wände und Böden aus Beton hergestellt sind, ist die Korngrösse verhältnismässig grob, sie beträgt 12 bis 100 mm. Die Feinbecken haben nur eine Tiefe von 1,0 m, sie sind in den Tonboden eingegraben, ihre Wände und ihr Boden sind also nicht mit Beton ausgekleidet, die seitlichen Wände sind böschungsartig abgegraben, ihre Gesamtoberfläche beträgt etwa 1600 qm. Das Füllmaterial hat eine Korngrösse von 3 bis 25 mm, wobei natürlich die staubförmigen Bestandteile ausgeschieden sind. Sowohl die Grobbecken als auch die Feinbecken sind mit einer Drainageanlage versehen. Die Drainage aus den Feinbecken führt das Wasser direkt in den Pylgraben.

Verschlammung der Füllkörper.

Seit Inbetriebsetzung der Anlage zeigten die Grobkörper mit der Zeit deutliche Verschlammung des Materials und Hand in Hand damit eine Abnahme der Aufnahmefähigkeit; die Feinkörper verschlammten gleichfalls im Laufe des Betriebes, jedoch bedeutend weniger als die Grobkörper; eine Abnahme ihrer quantitativen Leistungsfähigkeit hat aber angeblich nicht stattgefunden. Wir bemerkten zur Zeit der Besichtigung auf der Oberfläche der Körper der oberen Stufe neben den Zuführungsrinnen Schlamm, der eine Fläche von je etwa 0,5 m Länge und 0,3 m Breite einnahm. Zur

Digitized by Google

Verhütung von Verstopfungen an der Oberfläche, sowie um die Oberfläche stets porös zu erhalten, sodass das Innere des Beckens mit der äusseren Luft bequem kommunizieren kann, werden die Becken etwa alle 6 Monate 15 cm tief umgegraben und an der Oberfläche geharkt.

Die Zuleitung des Wassers aus dem Faulraum zu den einzelnen Füllbecken und das Füllen der letzteren geschieht in selbsttätiger Weise durch den Adams'schen patentierten Apparat. Derselbe ist auf Blatt 6 Abb. 2 dargestellt. Aus dem offenen Kanal, welcher das Wasser aus dem Faulraum in ununterbrochenem Strom führt, tritt das Wasser durch den Syphon a-a und die Rinne b-b auf die Oberfläche des Füllbeckens (vergl. Zeichnung I des Schnittes A-B auf Blatt 6). In einer kleinen gemauerten Kammer, welche durch kleine Oeffnungen mit dem Füllbecken kommuniziert, hängt die Glocke c. Sobald das Wasser in der Kammer über den unteren Rand der Glocke steigt, wird die Luft aus der Glocke durch das Rohr d-d in den senkrechten Einlaufschenkel des Syphons gedrückt und sammelt sich im oberen vorderen Teil des Syphons an. Wird der Druck grösser, so wird in dem Syphon und in dem senkrecht abfallenden Schenkel immer mehr Wasser verdrängt, so lange bis kein Wasser mehr fliessen kann. Dieser Moment ist in Zeichnung II des Schnittes A-B dargestellt. Das Ganze ist so eingerichtet, dass in diesem Augenblick der Füllkörper vollgelaufen ist. Eine besondere Verteilung über die Oberfläche der Becken findet nicht statt, es ist vielmehr neben den Einlässen lediglich die kurze hölzerne Rinne b-b vorhanden, über deren mit Kerben versehenen Rand das Wasser überfliesst. Auch die Entleerung der Füllkörper ist selbsttätig eingerichtet. Der gleichfalls patentierte Apparat ist auf Blatt 6 Abb. 3 dargestellt. Am Abflussende des Füllbeckens sind zwei kleine Kammern A und B wasserdicht hergestellt. Dieselben sind durch das Heberrohr a-a mit einander verbunden; das vordere Ende des Heberrohres a-a ist bis nahe an den Boden der Kammer A heruntergeführt und mündet hier frei aus. Der Abflussschenkel b-b des Heberrohres steckt innerhalb der Kammer B in einer glockenartigen Erweiterung von a-a und kommuniziert mit der Kammer B; er hat ausserdem an seinem unteren Teil einen gebogenen Wasserverschluss, welcher stets mit Wasser gefüllt ist. Ist das Füllbecken leer gelaufen, so tritt der in der Zeichnung I der Abbildung 3 dargestellte Zustand ein. Wird das Füllbecken gefüllt, so füllt sich im gleichen Masse durch das Hauptabflussrohr c-c die Kammer A mit Wasser. Steigt das Wasser bis zur Höhe d-d,

Selbsttätige Zuleitung zu den Füllbecken.

Selbsttätige Entleerung der Füllbecken.

Digitized by Google

so beginnt durch das kleine Rohr f-d-d-g Wasser in die Kammer B zu fliessen. Dieses Rohr ist so eng bezw. kann durch Drosselung so eng gemacht werden, dass die Kammer B erst nach Verlauf von etwa 2 Stunden bis zur erforderlichen Höhe voll Wasser gelaufen ist. Sobald in der Kammer B das Wasser über die Unterkante der Glocke steigt, ist die Luft in dem Heberrohr abgeschlossen, und es treten in demselben Luftpressungen auf, welche mit dem allmählich steigenden Wasser grösser und grösser werden, bis das Wasser aus dem fallenden Schenkel des Wasserverschlusses b-b ganz herausgedrückt ist. Nunmehr ist der Wasserverschluss gebrochen und der Heber tritt als solcher in Tätigkeit. In diesem Augenblick müssen die Höhendifferenzen je zweier zusammengehöriger freier Wasserspiegel an allen drei Stellen gleich gross sein (h).

Beschickung der Füllbecken.

Beim Füllen der oberen und ebenso auch bei dem der unteren Füllbecken soll sich gelegentlich ein unangenehmer Geruch bemerkbar machen. Es sind im ganzen 6 Grobbecken und 6 Feinbecken vorhanden, deren gegenseitige Anordnung und angenäherte Grösse aus Blatt 5 zu entnehmen sind. Die gesamte Oberfläche der 6 Grobfilter und die der Feinbecken beträgt etwa 2400 qm; da dieselben, wie mitgeteilt, täglich etwa 2300 cbm Wasser reinigen, so entfällt auf 1 qm Beckenfläche nicht ganz 1 cbm Abwasser, oder, da insgesamt 2800 cbm Filtermaterial vorhanden sind, 0,8 cbm Abwasser auf 1 cbm Material.

Reinigungserfolg.

Der Abfluss aus den unteren Becken war zur Zeit der Besichtigung fast klar. Die Probe, die wir sahen, stammte aber aus einem Becken, welches bereits seit mehr als einer Stunde in der Entleerung begriffen war. Wie uns mitgeteilt wurde, soll das Wasser beim Beginn der Entleerung und während der ersten 15 Minuten etwas wolkig sein. Eine für die Zwecke der Untersuchung geschöpfte Wasserprobe (vergl. Anlage V zu 1 b) zeigte bei ihrer Entnahme die bei biologisch geklärten Abwässern meist sich findende leichte Opaleszenz (einen sogen. Schleier). Das Wasser war nahezu geruchlos sowie vollständig farblos, und seine Durchsichtigkeit lag über 25 cm. Schwebestoffe waren in der entnommenen Wasserprobe nur in Spuren vorhanden.

Nach 10tägigem Stehen des Wassers bei Zimmertemperatur in verkorkter Flasche hatte sich dasselbe unter Abscheidung eines nur geringen Bodensatzes vollständig geklärt, und die Probe roch jetzt etwas moorig. Ein Fäulnis- oder Schwefelwasserstoffgeruch war nicht zu bemerken; durch die Behandlung des Abwassers in der in Sutton

geübten Weise hatte die von uns entnommene Probe ihre Fäulnisfähigkeit also vollständig verloren.

Die Zusammensetzung der Wasserprobe, wie sie zur Zeit der Entnahme bestand, ist aus angefügter Analysentabelle (Anlage V zu 1b) ersichtlich. Aus dieser geht hervor, dass in dem Abflusse aus dem Füllkörper der unteren Stufe bei vollständigem Fehlen der Nitrite reichliche Nitratmengen sowie ein sehr niedriger Gehalt an organischem Stickstoff vorhanden waren. Auch die Oxydierbarkeit des Wassers war recht niedrig (Sauerstoffverbrauch nach Kubel 20,4 mg); reichlicher war in der geschöpften Probe das Ammoniak vorhanden.

Dibdin gibt für das Rohwasser und die biologisch geklärten Abwässer folgende Durchschnittswerte[1]) (in mg pro 1 Liter umgerechnet) und Reinigungseffekte (alle Werte auf Rohwasser berechnet) an:

Rohwasser: Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) 825,0; Ammoniak 114,0; Albuminoidammoniak 8,9; Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 57,0; Chlor 114,0.

Abflüsse aus den biologischen Körpern der oberen Stufe: Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) 45,0 (Abnahme 94,5 %); Ammoniak 39,6 (Abnahme 65,3 %); Albuminoidammoniak 3,6 (Abnahme 59,6 %); Sauerstoffverbrauch 22,0 (Abnahme 61,4 %).

Abflüsse aus den biologischen Körpern der unteren Stufe: Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) 5,6 (Abnahme 99,3 %); Ammoniak 10,1 (Abnahme 91,2 %); Albuminoidammoniak 1,8 (Abnahme 79,8 %); Sauerstoffverbrauch 9,0 (Abnahme 84,2 %).

Hinsichtlich der Beschaffenheit der Abflüsse teilt Dibdin mit, dass nicht nur die aus den Körpern der unteren Stufe erhaltenen Abflüsse, sondern auch die aus den Körpern der oberen Stufe ihre Fäulnisfähigkeit verloren haben.

Der Pylgraben mündet etwa 21 km unterhalb der Reinigungs- Vorflut. anlage in der Nähe bei Putney Bridge kurz oberhalb von London in die Themse. Die Anlage untersteht der Beaufsichtigung des Thames Conservancy Board, dessen Beauftragte die Anlage etwa alle 2 Monate besichtigen und Proben entnehmen.

Das Gelände, welches zur Anlage gehört und 11,5 ha gross ist, Kosten. ist seinerzeit mit 240000 M., d. h. mit rd. 21000 M. pro ha angekauft worden. Die Reinigungsanlage selbst hat 1 050 000 M. Baukosten verursacht, d. i. 58 M. pro Kopf der Bevölkerung (exkl. Landerwerb).

1) Vergl. Anlage I, III und IV zu 1b.

Digitized by Google

Auf der Anlage sind 1 Aufseher und 2 Arbeiter beschäftigt. Die Ablösung ist so eingerichtet, dass mindestens 1 Mann ständig anwesend ist. Die Arbeiter bedienen auch die Pumpmaschinen. Während die Betriebskosten mit Ausschluss der Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals früher bei der chemischen Reinigung 6,9 Pf. pro cbm Abwasser betragen haben, kostet die Reinigung nach dem jetzigen Verfahren nur etwa 1,8 Pf. pro Kubikmeter.

2. London (Barking).

Allgemeines über die Kanalisation von London.

London, die mächtige Hauptstadt des britischen Reichs, wird durch die Themse in zwei Teile geteilt, von denen der 20500 ha grosse nördliche etwa $3^1/_2$ und der 18000 ha grosse südliche Teil etwa $1^1/_2$ Millionen Einwohner zählt. Die Entwässerungsanlage von London, welche ein unterirdisches Leitungsnetz von etwa 50000 km Länge besitzt, ist nicht nach einem einheitlichen System hergestellt; vielmehr sind die einzelnen Kanäle nach Bedarf an die vorhandenen angebaut worden. Früher mündeten die Kanäle direkt in die Themse und zwar innerhalb des Stadtgebiets von London. Infolge dieses Umstandes machten sich in der Themse Missstände verschiedenster Art bemerkbar. Die aus den Kanälen in den Flusslauf eingeschwemmten festen Fäkal- und anderen Unratstoffe lagerten sich auf dem Flussbett und den Ufern ab. Bei andauernd hoher Lufttemperatur trat intensive Fäulnis ein: die auf dem Grunde lagernden Fäkalmassen stiegen, durch Gasblasen gehoben, an die Wasseroberfläche, zahllose faulige Massen schwammen alsdann flussab- und flussaufwärts, je nach der durch Ebbe und Flut bedingten Strömung, und die Flussufer strömten die widerlichsten Gerüche aus. Zur Beseitigung dieser im Fluss immer unerträglicher werdenden Missstände wurden etwa im Jahre 1870 Abfangekanäle gebaut, welche die innerhalb der Stadt in die Themse einmündenden Kanäle in sich aufnahmen. Seit dieser Zeit haben sich die Zustände innerhalb der Stadt wesentlich gebessert. Die vorgenannten Abfangekanäle verlaufen im allgemeinen parallel mit der Themse, und zwar diejenigen für die oberen Stadtgebiete in einiger Entfernung von der Themse und diejenigen für die unteren Stadtgebiete unmittelbar neben derselben. Das Abwasser, welches in die Kanäle gelangt, setzt sich zusammen aus den meteorischen Niederschlägen, dem in den Grundstücken erzeugten Brauchwasser und aus einer grossen, ihrem Umfange nach nicht bekannten Menge der

Digitized by Google

verschiedenartigsten industriellen Abwässer. Zur Herabminderung der Bau- und Betriebskosten sind die Abfangekanäle an geeigneten Stellen mit Notauslässen versehen, deren Ueberfallschwelle so hoch angeordnet ist, dass die Notauslässe erst in Tätigkeit treten, wenn die Intensität des Regens 6,4 mm Regenhöhe in 24 Stunden übersteigt. Das Abwasser muss zu Zeiten der Flut mit Centrifugalpumpen in die Notauslässe gehoben werden, fliesst diesen aber zu Ebbezeiten mit natürlichem Gefälle zu.

Das nördliche Stadtgebiet von London, dessen Verhältnisse hier hauptsächlich interessieren, besitzt 3 Abfangekanäle, von denen 2 verhältnismässig hoch gelegen sind und mit eigenem Gefälle zur Reinigungsanlage verlaufen. Das Gebiet des dritten Kanals, welches sich am Ufer der Themse hinzieht, ist so tief gelegen, dass das Wasser in einer Pumpstation, welche in der Stratford-Strasse liegt, gehoben werden muss. An der Pumpstation vereinigen sich die Abfangekanäle der 3 Systeme zu dem Hauptabfangekanal. Derselbe besteht aus 3 kreisförmigen Kanälen von je 2,7 m Durchmesser, welche aus Klinkermauerwerk in Cementmörtel hergestellt sind, und mündet auf der Reinigungsanlage. Die Kanäle sind zur Regelung des Wasserabflusses unter einander durch Queröffnungen verbunden: sie liegen unmittelbar vor der Reinigungsanlage, welche sich in Barking befindet, so flach, dass sie in dem vorhandenen Gelände nicht genügend Deckung finden: sie mussten daher mit Erde überschüttet werden, wodurch ein stellenweise 4 bis 5 m hoher Damm gebildet wurde, dessen Krone 12 bis 20 m breit ist. Dieser Damm ist in dem Lageplan Blatt 7 deutlich sichtbar.

Die Reinigungsanlage in Barking liegt auf dem nördlichen Ufer der Themse, etwa 13 km unterhalb der Londoner Brücke (London Bridge), dem Mittelpunkt von London.

Aehnliche Verhältnisse sind bei den Kanalisationsleitungen in dem Stadtteil von London, welcher südlich der Themse belegen ist, vorhanden. Diese Kanalisation hat ihre Reinigungsanlage in Crossness, schrägüber von Barking gelegen. Die Entfernung der Reinigungsanlage in Crossness von London Bridge beträgt etwa 16 km.

Bei trockenem Wetter sollen nach den uns gewordenen Angaben auf der Reinigungsanlage

in Barking . .	537 000 cbm
in Crossness .	373 000 „
zusammen . .	910 000 cbm

Digitized by Google

täglich ankommen. Die durchschnittliche Gesamtwassermenge mit Einschluss des Regenwassers betrug im Jahre 1902

in Barking . .	635 000 cbm
in Crossness .	417 000 „
zusammen .	1 052 000 cbm

täglich. Hieraus würden sich ein Trockenwetterabfluss von etwa 182 l und eine gereinigte Abwassermenge von im Mittel 210 l pro Tag und Kopf der Bevölkerung berechnen. Diese Zahlen sind mit einiger Vorsicht aufzunehmen, weil anscheinend Vorrichtungen zum Messen der Abwassermengen nicht vorhanden sind. Die von den Wasserwerken Londons gelieferten Wassermengen sollen sich auf 157 Liter pro Tag und Kopf der Bevölkerung stellen.

Die Reinigungsanlage in Barking.

Das Wasser braucht im allgemeinen eine Zeit von 7—8 Stunden, bis es aus dem Mittelpunkt von London nach der Reinigungsanlage in Barking gelangt. Ein Lageplan dieser Reinigungsanlage befindet sich auf Blatt 7. Die Zusammensetzung des Trockenwetterabflusses bei seiner Ankunft in Barking ist die folgende (alle Werte in mg pro 1 Liter und nach den im Jahre 1901 ausgeführten Untersuchungen; vergl. auch Anlage 1 zu 2a und b):

Beschaffenheit des Rohwassers.

Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge)	
Maximal . . .	766,0
Minimal . . .	441,0
Durchschnitt . .	569,0
Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe)	
Maximal . . .	130,0 (75,0)[1]
Minimal . . .	106,0 (45,0)[1]
Durchschnitt . .	118,0 (57,0)[1]
Chlor	
Maximal . . .	388,0
Minimal . . .	177,0
Durchschnitt . .	267,0

Für das Jahr 1900 wird für das Rohwasser folgende durchschnittliche Zusammensetzung angegeben:

Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) . . .	520,0
Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) . .	115,0 (55,0)[1]

1) Die eingeklammerten Zahlen sind im filtrierten Wasser ermittelt.

Digitized by Google

Bei dem langen Aufenthalte des Abwassers in den Kanälen ist dieses, wenn es auf der Reinigungsanlage ankommt, ziemlich weitgehend ausgefault, von meist schwärzlich-grauer Farbe und besitzt einen deutlichen Fäulnis- bezw. Schwefelwasserstoffgeruch. Infolge dieses letztgenannten Umstandes ist die Reinigungsanlage vollständig unterirdisch angeordnet bezw. überdeckt worden. Früher war vor der Reinigungsanlage noch ein Gitterwerk vorhanden, dazu bestimmt, die gröberen Schwimmstoffe aus dem Abwasser abzufangen. Diese Gitteranlage befindet sich seit mehreren Jahren ausser Betrieb.

Die Klärung des Abwassers wird mit Kalk und mit Eisenvitriol (Eisensulfat) bewirkt. Der Kalk wird im gebrannten Zustande von Belgien bezogen zu einem Preise von 6,5 M. die Tonne. Er wird im Kalkhause gelöscht, wobei er in Rührwerken mit dem erforderlichen Zusatz von Abwasser innig gemischt wird. Es werden wöchentlich 300 Tonnen gebrannter Kalk verbraucht. Die mittlere Menge des Kalkzusatzes beträgt etwa 70 g pro cbm Abwasser. Das Kalkwasser wird mit Zentrifugalpumpen in ein hoch gelegenes Becken gepumpt und fliesst von hier dem Kanalsystem zu. Der Eisenvitriol wird in Wales in Galvanisierungswerken als Nebenprodukt gewonnen und von dort zum Preise von 27 M. die Tonne bezogen. Er wird in Abwasser gelöst und im Verhältnis von 14 g auf das cbm Abwasser zugesetzt. Die Zuleitung der Eisenvitriollösung findet etwa 400 m unterhalb der Stelle statt, an welcher das Kalkwasser eingeführt wird, und zwar geschieht dies zu dem Zweck, um auf diesem Wege dem Abwasser die erforderliche Zeit zur innigen Vermischung mit dem Kalkwasser zu lassen. Nach ferneren 200 m gelangt das Wasser in die Klärbecken. Diese sind etwa 300 m lange, $4^1/_2$ m breite, 2,6 m unter der Ueberfallschwelle tiefe, unterirdisch nebeneinander angeordnete und mit Erde überdeckte Kanäle; ihre Anzahl beträgt 13. Die von den Klärbeckenkanälen eingenommene Gesamtfläche beträgt etwa 1,75 ha. Jedes einzelne Klärbecken kann für sich besonders ein- und ausgeschaltet werden. Das Abwasser durchströmt die Klärbecken im ununterbrochenen Strom der Länge nach mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,9 bis 1,2 m pro Minute; seine Aufenthaltsdauer in dem Klärbecken beträgt mithin 3 bis 4 Stunden. Am unteren Ende ist in einiger Entfernung vor dem Ueberfall in jedem Klärbecken eine hölzerne Eintauchplatte angebracht, welche die Schwimmstoffe zurückhalten soll. Das aus dem Klärbecken ausfliessende Wasser wird in einem Kanal gesammelt und aus diesem durch vier unterirdische, gemauerte Be-

Chemikalien.

Klärbecken.

Digitized by Google

hälter, von denen jeder etwa 50 m breit und 200 m lang ist, quer hindurchgeleitet. Aus dem letzten Behälter wird das Wasser der Themse zugeleitet. Man beabsichtigt, die vier Behälter in Kanäle von der gleichen Art wie die bereits vorhandenen umzuwandeln. Der gesamte Fassungsraum der Klärbeckenkanäle beträgt rund 45000 cbm und der gesamte Fassungsraum der unterirdischen Behälter gleichfalls etwa 45000 cbm, sodass auf 1 cbm mittlere tägliche Abflussmenge etwa 0,15 cbm Fassungsraum entfällt.

Reinigungs-erfolg.

Der durch die chemische Klärung bewirkte Reinigungseffekt ist der bekannte (vergl. auch Anlage II zu 2a): Der Chemikalienzusatz bewirkt eine raschere Abscheidung der Schwebestoffe, verringert das Auftreten stinkender Gase, beeinflusst aber nur in geringem Masse die in dem Abwasser gelöst enthaltenen fäulnisfähigen Stoffe. Nach den englischen Untersuchungen werden die Schwebestoffe zu etwa 80 %, die gelösten fäulnisfähigen Stoffe zu ca. 30 % (Abnahme des Sauerstoffverbrauchs, in den filtrierten Proben bestimmt) durch die geübte chemische Klärung aus dem Abwasser entfernt. Hinsichtlich der Abscheidung der Bakterien wurde durch die chemische Klärung gleichfalls nur wenig erreicht; nach den neuesten Feststellungen der Royal Commission enthält jedes Kubikcentimeter immer noch 100000 Keime des B. coli.

Am Besichtigungstage war, wie der Augenschein lehrte, das der Themse zugeführte Wasser in keiner guten Verfassung; es war durch reichliche Schwebestoffe stark getrübt, nur wenig durchsichtig und von schwach fauligem, jauchigem Geruch. Beim Stehen in dem Entnahmegefäss schied sich nach kurzer Zeit ein flockiger Niederschlag ab, ein Zeichen, dass die Fällung noch nicht beendigt war, bezw. das Wasser noch überschüssige Mengen von Chemikalien enthielt, die zu den bekannten Niederschlägen bei chemisch geklärten Wässern in dem Vorfluter Veranlassung geben. Wenn bisher aus der mangelhaften Reinigung des Abwassers eine ernste Gefahr noch nicht eingetreten ist, so ist dies dadurch zu erklären, dass das gereinigte Abwasser an einer Stelle in die Themse geleitet wird, an welcher das Themsewasser noch stark salzhaltig, also für Trink- und Wirtschaftszwecke unbrauchbar ist.

Schlamm.

Nach 100stündigem ununterbrochenen Betriebe wird jedes Klärbecken entleert und zwar an seinem oberen Ende. Das mit Schlamm gesättigte Wasser fliesst mit eigenem Gefälle unter den Zubringerkanälen hindurch in die tief gelegenen offenen Schlammbecken. Auf

dem Wege nach dorthin passiert das schlammhaltige Wasser offen angeordnete, verhältnismässig feine Gitter, vor welchen die gröbsten Bestandteile (Lappen, Papier u. s. w.) zurückgehalten und mit Harken im Handbetrieb entfernt werden. An solchen Stoffen werden in der Woche 80 Tonnen gewonnen; sie werden in landwirtschaftlichen Betrieben als Dünger benutzt. In den Schlammbecken bleibt das schlammhaltige Wasser 24 Stunden stehen, wobei eine teilweise Trennung des Schlammes von dem Wasser eintritt. Das oben anstehende Wasser wird mit Pumpen abgepumpt, mit Kalk und Eisenvitriol behandelt und durch den Zubringerkanal den Klärbecken wieder zugeführt. Es werden täglich etwa 4500 cbm Wasser abgepumpt und in der vorbeschriebenen Weise besonders behandelt.

Der Schlamm fliesst aus den Schlammbecken zur Ebbezeit mit natürlichem Gefälle in einer eisernen Leitung auf Tankschiffe, welche an einem in der Themse angeordneten pierartigen Anlegeplatz anlegen. Zu Zeiten der Flut wird der Schlamm mit Pumpen in eiserne, hochgelegene, offene Becken gepumpt und von diesen durch die genannte eiserne Leitung den Schiffen zugeführt. Es werden durchschnittlich von je 1000 cbm Abwasser etwa 7,3 Tonnen flüssiger Schlamm gewonnen oder pro Kubikmeter Abwasser etwa 7,3 Liter. Da der Wassergehalt des Schlammes 91 bis 92 % beträgt, so werden bei der chemischen Fällung aus 1 cbm Abwasser rund 620 g feste Stoffe erhalten (vergl. Anlage II zu 2a). Die Schiffe (Dampfer) können 1000 Tonnen Schlamm fassen; es sind deren 6 in Betrieb. Die Schiffe bringen den Schlamm auf die hohe See etwa 80 km unterhalb der Reinigungsanlage und entleeren ihren Inhalt bei den Barrow-Deeps — diese liegen im Osten von Shoeburyness — ins Meer. Die Entleerung geschieht kurz nach der Flut, so dass die Meeresströmungen der Ebbe den Schlamm vom Ufer fort nach dem Meer führen. Missstände, hervorgerufen durch die fortgesetzte Zuführung der grossen Schlammassen, sollen sich bisher nicht bemerkbar gemacht haben. Das Port Sanitary Committee scheint allerdings anderer Ansicht zu sein; dasselbe will auf Grund eingehender Untersuchungen gefunden haben, dass sich unter gewissen Verhältnissen (auf diese soll hier nicht weiter eingegangen werden) Missstände bemerkbar machen, und hält deshalb für notwendig, dass der Schlamm 10 Meilen über die Barrow-Deeps hinaus geschickt und erst hier versenkt wird. Die Royal Commission scheint diese Auffassung zu teilen; sie stellte fest, das jedes Gramm der in die See versenkten

Schlammschiffe.

Digitized by Google

Schlammmassen (täglich 7000 t) über 1 Million Keime von B. coli enthält.

Die Schiffe brauchen zu jeder Fahrt hin und zurück 9 Stunden. Da es nicht selten vorkommt, dass die Schiffe durch Nebel an der Ausfahrt verhindert sind, so haben auf der Reinigungsanlage Reserveräume angeordnet werden müssen zur Aufnahme des Schlammes während dieser Zeit. Die Reserveräume liegen unter einem Teile der Klärbecken und vermögen 20 000 cbm zu fassen.

Die Reinigungsanlage in Crossness ist in ihren Grundzügen derjenigen von Barking gleich.

Kosten. Die Reinigungsanlage in Barking ist mit einem Kostenaufwande von rund 10 Millionen Mark (pro Kopf der Bevölkerung 3,0 M.), diejenige in Crossness mit einem solchen von rund 7 Millionen Mark (pro Kopf der Bevölkerung 4,7 M.) errichtet worden. Die Anschaffung der Dampfer hat mehr als 3 Millionen Mark gekostet. Die Betriebskosten auf beiden Anlagen betragen mit Ausschluss der Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals, jedoch mit Einschluss der Kosten für die Beseitigung des Schlammes und für die Unterhaltung der Dampfer rund $2^1/_2$ Millionen Mark oder rund 0,7 Pf. pro cbm Abwasser.

Die Versuche in Barking.

Geschichtliches. Man ist seit langer Zeit davon überzeugt, dass die vorhandenen Anlagen zur Reinigung des Abwassers von London unvollkommen sind (der durch die chemische Klärung erreichte Reinheitsgrad ist nicht ausreichend, um zu allen Jahreszeiten das Auftreten von Missständen in der Themse zu verhüten), und man ist daher bemüht, andere Reinigungsverfahren einzuführen. Da für Rieselzwecke geeigneter Boden in ausreichender Grösse nicht vorhanden ist — das benachbarte Land ist der Hauptsache nach niedrig liegender Sumpfboden —, so sind sowohl in Barking als auch in Crossness neben anderen zeitweise angestellten Versuchen seit vielen Jahren Versuche im Gange, welche auf das biologische Verfahren hinzielen.

Die ersten mit der biologischen Reinigung des Londoner Abwassers ausgeführten Versuche gehen sehr weit zurück. Sie wurden angestellt in dem Laboratorium der „Royal Commission on Rivers Pollution“ (Versuche von E. Frankland über die intermittierende Filtration) und verfolgten den Zweck, die Wirkungsweise verschiedener natürlicher Bodenarten, wenn Abwasser durch dieselben hindurchfiltriert wurde, festzustellen. Es wurde hierbei gefunden, dass es möglich

Digitized by Google

war, Abwasser in befriedigender Weise durch Filtration zu reinigen, sobald der Betrieb der Körper derartig eingerichtet wurde, dass Filtrationsperioden und Perioden der Lüftung miteinander abwechselten. Die hierbei wirksamen Kräfte, die Bakterientätigkeit, wurden bei diesen Versuchen nicht erkannt; man fasste alles als rein chemische, als Oxydationsprozesse auf.

Diesen ersten, Ende der sechziger Jahre angestellten Versuchen folgten dann, angeregt durch die günstigen Ergebnisse, in Lawrence (Massachusetts) im Mai 1892 weitere Versuche und zwar zunächst im bescheidenen Umfange (erste Versuche mit dem biologischen Verfahren), welche unter der Leitung von W. J. Dibdin, dem Chemiker des London County Council, ausgeführt wurden und so ausgezeichnete Resultate ergaben, dass im Jahre 1893 ein grösserer biologischer Körper von ca. 0,4 ha Oberfläche unter Verwendung von Koks als Füllmaterial in Barking errichtet wurde, der heute noch im Betrieb ist und intermittierend mit chemisch vorgeklärtem Wasser beschickt wird. Auch dieses „one acre bacteria bed" ist von Dibdin errichtet und von ihm betrieben worden.

Im September 1898 übernahm Professor Clowes, der Nachfolger Dibdin's, die Aufsicht über diese Versuche und ergänzte sie durch eine Reihe weiterer, sowohl in Barking wie in Crossness angestellter Untersuchungen. Diese unter des Genannten Leitung errichteten Versuchsanlagen sind von nicht sehr grossem Umfange, die in Barking befindlichen nehmen nur Flächen von wenigen qm ein; die an diesen erzielten Ergebnisse liegen abgeschlossen vor, die Versuchsanlagen sind mit Ausschluss des Dibdin-Bettes ausser Betrieb gesetzt, und es ist von Clowes ein Bericht erstattet, welcher die Anwendung des biologischen Verfahrens für die Reinigung des Londoner Abwassers, und zwar zunächst für einen Teil desselben, vorschlägt.

Es würde hier zu weit führen, die in Barking und Crossness mit zielbewusstem Vorgehen angestellten Versuche im einzelnen zu beschreiben. Wir beschränken uns auf eine kurze Zusammenfassung der an diesen Orten erlangten Ergebnisse, wie sie Clowes vor einiger Zeit in einem Vortrage vor der „Association of Municipal and Country Engineers" gegeben hat[1]). Hiernach sollten durch diese Versuche neben anderen Fragen folgende Hauptpunkte ermittelt werden:

---

1) Vor kurzem sind die Londoner Versuche auch in Buchform zusammengestellt erschienen: F. Clowes and A. C. Houston, The experimental Bacterial Treatment of London Sewage between 1892 and 1903. London.

Versuchs-anstellung.

1. Welches ist das zweckmässigste Material für biologische Körper?

2. Gibt es eine Grenze hinsichtlich der Tiefe dieser Körper?

3. Kann Rohwasser direkt d. h. ohne vorhergehende Sedimentierung behandelt werden?

4. Welche Vorteile bietet eine der biologischen Behandlung vorangehende Sedimentierung des Abwassers?

5. Enthalten die Abflüsse aus den biologischen Körpern gasförmigen Sauerstoff; sind die Abflüsse nicht mehr fäulnisfähig?

6. Welcher Reinigungseffekt lässt sich dauernd erzielen?

7. Ist die intermittierende Methode der Beschickung der biologischen Körper (die Füllmethode) die geeignetste Betriebsart, oder die kontinuierliche (Filtrationsmethode)?

Versuchs-ergebnisse.

Diese 7 Hauptfragen beantwortet Clowes auf Grund seiner Untersuchungsergebnisse folgendermassen:

Zu 1. Füllmaterial: Harter Koks gibt bessere Reinigungseffekte als irgend ein anderes Material (der Koks wurde in Stücken von Wallnussgrösse verwendet).

Zu 2. Tiefe der Becken: Bei fortschreitender Vertiefung der Becken bezw. Erhöhung des Füllmaterials von 1,2 m bis auf 3,6 m ist keine Verschlechterung des Reinigungseffektes zu bemerken: derselbe soll vielmehr in dem letzten Falle (bei 3.6 m Tiefe) noch etwas besser gewesen sein als in dem ersten Falle (bei 1,2 m Tiefe). Bei 3,6 m Tiefe zeigte es sich, dass nach erfolgter Entleerung der Körper in alle Poren des Füllkörpers noch genügende Luftzufuhr stattfindet.

Zu 3. Direkte Behandlung des Rohwassers in Füllkörpern: Der hierbei erlangte Reinigungseffekt ist zwar zufriedenstellend, doch zeigt es sich, dass das Füllmaterial rasch verschlammt, d. h. dessen quantitative Leistungsfähigkeit nach relativ kurzem Betriebe stark zurückgeht.

Zu 4. Behandlung des sedimentierten Rohwassers in Becken: Das zur Vorbehandlung dienende Becken wurde von dem Abwasser in 5 Stunden durchflossen; der Betrieb des Beckens war ein ununterbrochener; Zu- und Abflussröhren tauchten in das Wasser ein, und der in dem Becken sich ansammelnde Schlamm wurde erst nach 6 monatlichem Betriebe aus demselben entfernt. Bei diesem nach Art der Faulbecken konstruierten und betriebenen Behälter wird, wie durch sorgfältige Untersuchungen des dem Behälter zufliessenden und des aus demselben abfliessenden Wassers sowie des im Behälter verbleibenden Wassers und Schlammes festgestellt ist, durch die ge-

übte Betriebsweise die Schlammmenge um etwa 40 %, auf die Gesamtmenge der suspendierten Stoffe, oder um 70 %, auf die organischen suspendierten Stoffe berechnet, vermindert.

Zu 5. Beschaffenheit der Abflüsse: Die aus den Kokskörpern ausfliessenden Abwässer enthalten stets noch gasförmigen Sauerstoff, wie dies sowohl durch die chemische Untersuchung wie dadurch, dass Fische in den Abflüssen leben können („Dibdin's fish test"), nachgewiesen worden ist.

Durch die Bebrütungsmethode geprüft, ergibt sich, dass die Abflüsse ihre Fäulnisfähigkeit vollständig verloren haben.

Zu 6. Unveränderlichkeit des Füllmaterials und der Reinigungskraft der biologischen Körper: Der als Füllmaterial verwandte harte Koks scheint nach 4 jährigem Gebrauch ebenso geeignet wie zu Beginn des Versuchs; der Reinigungseffekt hat nach erfolgter Einarbeitung der Körper im Verlauf der Versuchsdauer eher zu- als abgenommen.

Zu 7. Vorteil des Füllverfahrens gegenüber der intermittierenden Filtration durch biologische Füllkörper: Bei dem Füllverfahren kann der Körper bei höchster Inanspruchnahme 4 mal innerhalb 24 Stunden beschickt werden. Bei 3 mal täglicher Beschickung — dies war der normale Betrieb — betrug die Dauer der Füllung 1 Stunde, die Dauer des Vollstehens 2 Stunden, die Dauer der Entleerung 1 Stunde und das Leerstehen, bis die 2. bezw. 3. Beschickung vorgenommen wurde, jeweils 2 Stunden. Bei dieser Betriebsart bewältigt der Körper bei gleichem Reinheitsgrad quantitativ mehr, als wenn das Abwasser ununterbrochen durch den Körper hindurchgeschickt wird.

Wie aus dem vorstehend Gesagten hervorgeht, wurden in London eigentlich nur das Füllverfahren geprüft und einige Versuche über die Leistungsfähigkeit biologischer Körper bei ununterbrochenem Durchfluss des Abwassers durch dieselben angestellt. Eine Prüfung des Tropfverfahrens hat daselbst nicht stattgefunden.

Auf eine Beschreibung der in Barking errichteten biologischen Versuchskörper soll hier, da diese, wie oben erwähnt, sich ausser Betrieb befinden, nicht eingegangen werden; beschrieben sei nur das bereits im Jahre 1893 errichtete und noch jetzt in Betrieb befindliche „one acre bacteria bed".

Auf dieses 0,4 ha grosse Bett ist seit seiner Inbetriebsetzung »One acre bacteria bed.«

Digitized by Google

nie Rohwasser, sondern stets solches Wasser geleitet worden, welches die Klärbecken der vorhandenen Reinigungsanlage bereits durchflossen hatte, also durch Kalk und Eisenvitriol chemisch vorbehandelt war. Die Lage des Versuchsbettes ist aus dem Plan Blatt 7 ersichtlich. Die Sohle des Beckens wurde durch Ebenen der Erdoberfläche ohne irgend welche künstliche Befestigung hergestellt, das Becken selbst zwischen künstlichen Erddämmen, welche von früher her an Ort und Stelle vorhanden waren, angeordnet. Auf dem Boden wurde eine Drainage angelegt und diese in den benachbarten Nebenarm der Themse, Barking-Creek, geleitet. Das Becken wurde mit ungesiebtem Koks bis zu einer Höhe von 0,9 m gefüllt. Aus dem Koks wurden Stücke von mehr als Wallnussgrösse vor dem Einbringen entfernt. Auf dieses Bett wurde das Wasser aus den Klärbecken in hölzernen Längs- und Querrinnen verteilt. Das Bett wurde täglich 2 mal gefüllt, und die Füllung verblieb in den Becken etwa 2 Stunden. Der Reinigungseffekt war und blieb tadellos. Im Jahre 1898 machte man den Versuch, die quantitative Leistungsfähigkeit des Füllbeckens dadurch zu erhöhen, dass man die Höhe des Füllmaterials vergrösserte. Zu diesem Zweck schüttete man auf die vorhandene Füllung eine neue in einer Höhe von gleichfalls 0,9 m, wählte aber zu dieser Füllung ausgesiebten Koks mit einem Korn von etwa Wallnussgrösse. Es stellte sich heraus, dass eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit nicht erzielt werden konnte, dass vielmehr das nunmehr 1,8 m tiefe Bett nur soviel Wasser zu reinigen imstande war wie das ursprüngliche, 0,9 m tiefe Bett, und die nähere Untersuchung ergab, dass im Laufe der Zeit der untere Teil des Bettes sich derartig verdichtet hatte, dass er Wasser nicht mehr durchliess. Diese Verdichtung des alten Materials wird zum Teil auf den Druck, den die Neufüllung ausübte, zum Teil auf die während des langandauernden Betriebes erfolgte Einstreuung des feinkörnigen Materials in die Poren des grobkörnigen — das alte Material war wie gesagt vor seiner Einbringung nicht gesiebt worden — zurückgeführt.

Das Bett ist bis auf den heutigen Tag ununterbrochen im Betrieb und wird zur Zeit 1 bis 2 mal täglich mit Abwasser beschickt. Seine durchschnittliche tägliche Leistungsfähigkeit schwankt deshalb zwischen 1580 cbm und 5000 cbm; das sind pro Quadratmeter Körperfläche 0,4 bis 1,2 cbm Abwasser oder pro Kubikmeter Filtermaterial (Bett 1,8 m hoch gerechnet) rund 0,25 bis 0,65 cbm Abwasser. Eine Verschlammung des oberen, neu aufgeschütteten Füllmaterials

Digitized by Google

soll nicht eingetreten sein, und man beschränkt sich darauf, die Oberfläche des Bettes von Zeit zu Zeit umzuharken. Der Reinigungseffekt, der durch den unteren, wasserundurchlässigen Teil in keiner Weise nachteilig beeinflusst werden soll, beträgt nach den englischen Ermittelungen, nach dem Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) beurteilt, auf Rohwasser berechnet, 91,1 %, auf chemisch vorgeklärtes Wasser berechnet 85,5 %. Die Werte beziehen sich auf das unfiltrierte Wasser. Nach den in den filtrierten Proben erhaltenen Werten beurteilt, beträgt der Reinigungseffekt in dem ersten Falle 84,2 % und in dem zweiten Falle 83,7 % (vergl. Anlage IV zu 2a).

Die absoluten Werte werden im Durchschnitt für das Jahr 1901 wie folgt angegeben (vergl. Anlage III zu 2a):

Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe)	
im unfiltrierten Wasser . .	10,0
im filtrierten Wasser . . .	9,2
Nitratstickstoff	0,7
Nitritstickstoff	9,5

(mg pro 1 Liter).

Das Wasser, welches wir in dem Abflussgerinne sahen, stammte aus dem letzten Teil der Ablassperiode; es war völlig klar. Nach den mündlichen Angaben soll es während der ersten 5 bis 10 Minuten nicht klar, sondern etwas wolkig und trübe aussehen. Von der Entnahme einer Wasserprobe für die Untersuchung wurde Abstand genommen, da die geringen zur Zeit der Besichtigung abfliessenden Wassermengen die letzten Sickermengen aus dem Füllkörper darstellten und die an einer derartigen Probe erlangten Ergebnisse keinerlei Rückschlüsse auf die normale Reinigungswirkung des Beckens zugelassen hätten.

3. Hendon.

Hendon ist eine Landstadt von 22000 Einwohnern und liegt im Nordwesten von London, etwa 11 km von dem Mittelpunkt Londons entfernt. Das Gelände, auf welchem der Ort aufgebaut ist, ist hügelig; die Strassen haben ein freundliches Aussehen und sind zumeist chaussiert; vor den Häusern sind fast überall Vorgärten angelegt. Der Ort ist nach dem Trennsystem entwässert, aber nur insoweit als die meteorischen Niederschläge von den Strassen in unterirdischen Leitungen dem Vorflutgraben direkt zugeleitet werden, während das von den Grundstücken und Gebäuden abfliessende Regenwasser gemeinsam mit dem Brauchwasser in besonderen unterirdischen Allgemeines

Digitized by Google

Leitungen der Reinigungsanlage zufliesst. Als Vorflut, sowohl für das Regenwasser als auch für das gereinigte Mischwasser dient ein unbedeutender Graben, welcher sich in einer geringen Entfernung unterhalb der Reinigungsanlage in den Welsh Harp See ergiesst; dieser ist ein künstlich aufgestauter See, welcher zur Speisung des die nördlichen Teile von London durchsetzenden Regent's Canal[1]) angelegt

Zubringer.

ist. Das Abwasser gelangt in 2 verschiedenen Kanälen zur Reinigungsanlage (vergl. Blatt 8), nämlich in einem hoch gelegenen Zubringer, an welchen etwa 16000 Einwohner angeschlossen sind, und in einem tiefer gelegenen Zubringer, an welchen 6000 Einwohner angeschlossen sind. Die Höhendifferenz zwischen den beiden Kanälen auf der Reinigungsanlage beträgt etwa 1 bis 2 m. Der erstgenannte Zubringer überschreitet unmittelbar vor der Reinigungsanlage ein Tal und ist über dasselbe in eisernen, im Gefälle verlegten Röhren, welche auf Beton- und Eisenstützen ruhen, übergeführt. Die Reinigungsanlage liegt etwa 4 km von dem Zentrum des Ortes entfernt, und das Wasser braucht in den beiden Zubringerkanälen etwa je 2 Stunden, bis es von dem Mittelpunkt des Entwässerungsgebietes zur Reinigungsanlage gelangt. In dem Ort sollen sich, ausser einer Brauerei und einer Kerzenfabrik, etwa 100 Wäschereien befinden, von welchen 6 mit Dampf betrieben werden. Das Abwasser aus diesen Fabriken fliesst ohne vorherige Reinigung der Kanalisation direkt zu. Aus den Wäschereien wird dem Abwasser eine verhältnismässig grosse Menge Seife zugeführt, wodurch das Abwasser für die Reinigung unbequem wird. Es zeigte sich, dass das etwas mit Regenwasser verdünnte Abwasser sich leichter reinigen lässt, als der unverdünnte Trockenwetterabfluss.

Der Trockenwetterabfluss beträgt in dem hohen Kanal etwa 2500 cbm, in dem tiefen Kanal etwa 1100 cbm pro 24 Stunden, woraus sich auf den Kopf der Bevölkerung eine Abwasserproduktion von 160 Liter pro Tag berechnet. Der Wasserverbrauch pro Kopf und Tag beträgt ebenfalls etwa 160 Liter. Der Regen vermehrt den Zufluss zur Reinigungsanlage ganz gewaltig, weil in den beiden Kanälen Notauslässe nicht angeordnet sind. An dem Tage vor unserer Besichtigung hatte ein Regen von etwa 6 mm Regenhöhe die Wassermenge auf der Reinigungsanlage auf etwa 9000 cbm erhöht. Die Reinigung des Abwassers ist hinsichtlich der als Fällungsmittel

Chemikalien und Klärbecken.

verwandten Chemikalien bei den beiden Zubringern eine verschiedene.

1) Der Regent's Canal mündet innerhalb Londons und zwar etwa 3 km unterhalb der Tower Bridge in die Themse.

In dem hoch gelegenen Zubringer wird dem Abwasser bei seinem Eintritt in die Reinigungsanlage Ferrozone und zwar derartig zugesetzt, dass das in Kuchenform hergestellte Fällungsmittel in einem Holzkasten von Leitungswasser, das von unten her in den Kasten eintritt, umspült wird. Das Wasser löst hierbei Teile vom Ferrozone auf, und die so erhaltene Lösung fliesst aus dem Holzkasten über und gelangt in das Mischgerinne. Ferrozone ist ein künstliches Produkt, welches aus demselben Material hergestellt wird, das die Basis des sogenannten Polarite bildet (vergl. Wealdstone); aber die Basis ist in anderer Weise behandelt als bei der Herstellung des Polarite. Ferrozone ist reich an Eisen und enthält ausserdem Aluminium, Calcium, Magnesiumsulfat und „magnetisches Eisenoxyd". Das Ferrozone wird als fertiges Fabrikat aus Manchester bezogen. Es werden täglich durchschnittlich 200 kg Ferrozone verbraucht, also etwa 80 g[1] pro Kubikmeter Wasser. Nachdem das Wasser des hohen Zubringers auf dem Grundstück der Reinigungsanlage zu Zwecken der gleichmässigen Durchmischung mit den Chemikalien eine Strecke von etwa 100 bis 200 m durchflossen hat, gelangt es in 3 Klärbecken, welche je etwa 700 cbm Wasser fassen, sodass auf 1 cbm des täglichen Trockenwetterabflusses etwa 0,8 cbm Beckeninhalt kommen.

Jedes Klärbecken besteht, wie aus Blatt 8 und 9 zu entnehmen ist, aus zwei miteinander in Verbindung stehenden Kammern und ist etwa 18,5 m lang, 18,5 m breit und 2 m tief. Das Wasser durchfliesst die Becken im ununterbrochenen Strom und gelangt darauf in Gemeinschaft mit dem Wasser aus dem niedrigen Zubringerkanal zur weiteren Reinigung (vergl. unten).

Das Rohwasser aus dem tiefen Zubringer wird mit Eisenalaun, einem Salz, welches zu 48 % aus schwefelsaurem Aluminium ($Al_2[SO_4]_3$), zu 3 % aus Eisensulfat und zu 49 % aus Wasser besteht, behandelt. Aus dem Rohstoff wird in gleicher Weise wie bei dem hoch gelegenen Zubringer aus dem Ferrozone eine Lösung hergestellt, und diese Lösung wird dem Abwasser des niedrigen Zubringers bei seinem Eintritt in die Reinigungsanlage zugeleitet. Es werden täglich etwa 100 kg Eisenalaun verbraucht, also etwa 90 g[1] pro cbm Abwasser.

Für das Wasser aus dem tiefen Zubringer sind 2 Klärbecken von der gleichen Anordnung und Grösse wie die vorher genannten vorhanden, d. h. für 1 cbm des Trockenwetterabflusses etwa 1,2 cbm

1) Früher wurde anscheinend mehr zugesetzt.

Beckeninhalt. Bevor es in diese Becken gelangt, hat es wie in dem hohen Zubringer eine Strecke von 100 bis 200 m zu durchfliessen.

Die Abflüsse aus den beiderseitigen Klärbecken vereinigen sich und werden gemeinsam zunächst im ununterbrochenen Betrieb durch Filter geleitet und sodann zum Teil auf Land mittels der intermittierenden Filtration behandelt, zum anderen Teil in biologischen Füllbecken gereinigt. Ein geringer Teil wird in alten Polaritefiltern behandelt. Auf eine Beschreibung der Polaritefilter soll hier nicht näher eingegangen werden, da sie allmählich in der nachbeschriebenen Weise umgeändert werden sollen.

Filterbecken. Die Becken zur ununterbrochenen Filterung, deren zwei vorhanden sind, sind etwa 1,2 m tief und haben eine Fläche von etwa 3200 qm. Auf 1 qm Filterfläche entfallen also 1,1 cbm, und auf 1 cbm Filtermaterial entfallen etwa 1,0 cbm Trockenwetterabfluss.

Die Becken sind in den Boden eingegraben und auf ihrer Sohle mit Drainageleitungen versehen. Sie sind gefüllt mit burnt ballast[1], d. h. mit einem Material, welches aus dem an Ort und Stelle an der Erdoberfläche anstehenden Tonboden mittels Feldbrand hergestellt ist. Die gebrannten Stücke werden zerkleinert und vor dem Einbringen in die kontinuierlichen Filter gesiebt. Die Grösse der einzelnen Stücke schwankt zwischen der Grösse einer Erbse und derjenigen eines Straussenеies (5—200 mm). Ueber diesem Material war bis zum Jahre 1902 eine 20 cm starke Schicht Sand aufgebracht. Die Filter werden in der Weise abwechselnd betrieben, dass jedes Filter etwa 24 Stunden lang im Betrieb ist und danach 24 Stunden ruht. Das Wasser durchsickert das Filter in ununterbrochenem Strom und wird, sobald es auf den Filterboden gelangt ist, zur Abführung gebracht. Die Filter sind seit 16 Jahren in Betrieb. Zu Anfang des Jahres 1903 hat man das Füllmaterial erneuert. Hierbei hat man das alte Material wieder benutzt, indem man es noch einmal brannte und siebte. Die neuen Filter sind nicht mit Sand überschüttet. Die alten Filter haben sich während ihrer 16jährigen Betriebsdauer gut bewährt, eine Verstopfung oder Verschlammung des unter der Sandschicht befindlichen Materials ist angeblich nicht eingetreten; es genügte, wenn dieselben einmal im Jahre an der Oberfläche durchgeharkt wurden.

Füllbecken. Bis zum Jahre 1898 wurde der gesamte Ausfluss aus den beiden kontinuierlichen Filtern auf benachbartes, verhältnismässig wenig

1) Vergl. Sutton, S. 42.

durchlässiges, aber drainiertes Land geleitet und dort durch intermittierende Filtration zur Versickerung gebracht. Im Jahre 1898 hat man versucht, einen Teil dieses Abflusses in einem Füllbecken nach biologischer Art zu reinigen, und hat, nachdem man 1 Jahr lang gute Erfahrungen gemacht hat, zwei neue Becken nach biologischem System errichtet, das eine im Jahre 1899 und das andere im Jahre 1900. Nunmehr kommen von dem gesamten Abfluss aus den kontinuierlichen Filtern täglich etwa 1800 cbm in die biologischen Füllbecken zur Reinigung, während der verbleibende Rest nach wie vor mittels der intermittierenden Filtration auf dem Lande behandelt wird. Es hat sich gezeigt, dass das Wasser durch die biologische Anlage einen genügenden Reinheitsgrad erhält, dass jedoch das Wasser durch die intermittierende Behandlung nicht so gut gereinigt wird, wie durch die biologische. Man ist daher genötigt, das auf dem Lande behandelte Wasser noch durch ein kontinuierliches Filter zu leiten, welches in der gleichen Weise eingerichtet ist wie die vorstehend beschriebenen.

Die drei biologischen Füllbecken haben die auf Blatt 9 Abb. 4 bis 6 gezeichnete Anordnung; sie haben eine undurchlässige Sohle und gemauerte Seitenwände. Auf dem Boden sind 16 cm starke Drainröhren verlegt, welche in ein etwa 45 cm starkes Sammelrohr münden. Sämtliche Rohrenden sind senkrecht in die Höhe geführt und münden über der Füllung des Beckens in die Atmosphäre frei aus. Die Füllung der Becken besteht in der unteren, 0,75 m starken Schicht aus gebrochenem und gesiebtem Koks von 19 bis 25 mm Korngrösse. Der obere Teil besteht aus dem burnt ballast von derselben Beschaffenheit und Korngrösse wie in den ununterbrochen betriebenen Filtern. Ganz oben sind in einer Stärke von etwa 5 mm kleine Materialien bestehend aus Kieselsteinen, Koks und burnt ballast von etwa Haselnussgrösse aufgeschüttet. Die Gesamthöhe der Füllung beträgt 1,5 m, die Gesamtoberfläche 1800 qm. Auf 1 qm der Oberfläche der biologischen Körper kommen täglich 1,0 cbm Abwasser und auf 1 cbm Körpermaterial 0,67 cbm Abwasser. Das Wasser wird auf jedes Becken von einer einzigen Stelle aus aufgelassen. Verteilungsrinnen sind nicht vorhanden. Die Füllung des Beckens dauert 3 Stunden; darauf bleibt das Wasser in den Becken 3 Stunden stehen und wird dann abgelassen. Die Entleerung nimmt etwa 1 Stunde in Anspruch. Jedes Becken wird 2 mal am Tage gefüllt. Am Sonntag werden die Becken überhaupt nicht gefüllt. Eine Verschlammung der Oberfläche

Digitized by Google

der Füllbecken ist bis jetzt noch nicht bemerkt worden; die Oberfläche wird alle Jahre einmal aufgeharkt.

Schlamm. Der etwa einmal wöchentlich aus den Klärbecken entfernte Schlamm wird in einen wasserdicht gemauerten Kesselbrunnen geleitet und von hier auf Land gepumpt. Vorher wird das obere Wasser aus den Klärbecken mit Pumpen entfernt und in den Zubringerkanal zurückgeleitet. Der Schlamm wird auf dem Lande ähnlich wie in Birmingham in dicht nebeneinander ausgehobene Gräben geleitet und untergegraben. Die hierzu zur Verfügung stehende Landfläche hat eine Grösse von etwa 3 ha und hat täglich 50 Tonnen flüssigen Schlamm aufzunehmen. Die Schlammproduktion beläuft sich also in Hendon pro cbm Trockenwetterabfluss durchschnittlich auf ca. 14 l flüssigen Schlamm. Das zur Aufnahme des Schlammes dienende Land wird im Sommer mit Futterrüben bestellt und soll guten Ertrag bringen.

Reinigungserfolg. Die Durchsichtigkeit der entnommenen Wasserprobe lag über 25 cm. Das Wasser war fast klar, farblos und nahezu geruchlos. Schwebestoffe fehlten in dem Abflusse vollständig. Bei der Aufbewahrung in geschlossener Flasche wurde das Wasser vollständig klar, indem sich Spuren eines Niederschlages aus demselben abschieden. Der Geruch des Wassers wurde etwas dumpfig; eine Nachfaulung der Probe trat nicht ein. Das Wasser hatte also seine Fäulnisfähigkeit vollständig verloren.

Bezüglich der durch die Analyse ermittelten Ergebnisse sei auf die Analysentabelle (vergl. Anlage V zu 3a und b) verwiesen. Aus dieser geht hervor, dass die von uns entnommene Probe nur noch 1.8 mg Ammoniak und nur 4.4 mg organischen Stickstoff enthielt, und dass die Oxydierbarkeit (nach Kubel) zu etwa 80 mg $KMnO_4$ (= 20.4 O) pro Liter ermittelt wurde.

Seitens der englischen Untersucher werden über die Zusammensetzung der Abflüsse aus den Füllkörpern folgende Angaben gemacht (alle Werte in mg pro Liter umgerechnet):

Durchschnitt: Ammoniak 14.0; Albuminoidammoniak 1.4;
bestes Ergebnis: Albuminoidammonik 1.3;
schlechtestes Resultat: Albuminoidammoniak 1.7.

Ueber die Zusammensetzung des Rohwassers wird mitgeteilt, dass die Menge des Albuminoidammoniaks im Trockenwetterabfluss etwa 80 mg und mehr pro Liter und die des Dünnwassers nie weniger als 30 mg beträgt. Hiernach muss der erzielte mittlere Reinigungseffekt,

Digitized by Google

nach den Werten für Albuminoidammoniak berechnet, zu über 90 % angenommen werden.

Der Vorfluter stellt, wie oben erwähnt, nichts anderes als einen wenige Meter breiten Graben dar mit etwa 1 m Wasserhöhe und nur unbedeutender Strömung. Er führte am Besichtigungstage nicht vollständig klares Wasser; eine Verschmutzung (Pilzwachstum) konnte aber nicht bemerkt werden. In dem Wasser fanden sich zahlreiche Fische (kleinere und grössere) und zwar sowohl dicht bei der Ausflussleitung aus der Reinigungsanlage wie auch weiter bachabwärts.

Die Anlagekosten werden für die biologischen Körper (also ohne die Klärbecken) auf 220 000 M. (10 M. pro Kopf der Bevölkerung), die Betriebskosten mit Ausschluss der Verzinsung und Tilgung auf 1,3 Pf. für 1 cbm Trockenwetterabfluss angegeben. Kosten.

4. Wealdstone.

Wealdstone ist ein kleiner Ort mit 8300 Einwohnern, welcher im Nordwesten von London, etwa 15 km von dessen Mittelpunkt entfernt, im welligen Gelände gelegen ist. Der Ort macht einen verhältnismässig freundlichen Eindruck, ist aber ein nicht unbedeutender Fabrikort. Er enthält nicht weniger als 6 grosse Fabriken, nämlich eine Bürstenfabrik, eine Schachtelfabrik, eine Farbendruckerei, eine gewöhnliche Druckerei, eine Sargfabrik und eine Fabrik photographischer Apparate (Films). Diese Fabriken beschäftigen verhältnismässig viele Arbeiter, die letztgenannte z. B. allein 500 bis 700. Das in diesen Fabriken erzeugte Abwasser wird ohne vorherige Reinigung der Kanalisation direkt zugeleitet. Allgemeines.

Die Kanalisation war ursprünglich nach dem Mischsystem geplant und bereits teilweise ausgeführt. Später ging man zum Trennsystem über, änderte aber bei den bereits eingebauten Leitungen das System nicht. Die alten Leitungen führen also neben dem Brauchwasser auch die atmosphärischen Niederschläge auf die Reinigungsanlage, während in den neuen Leitungen nur Brauchwasser aufgenommen und der Reinigungsanlage zugeführt wird, wogegen das Regenwasser getrennt dem nahe gelegenen Bach ohne vorherige Reinigung überwiesen wird. Der Bach ist ganz unbedeutend; er würde im Sommer trocken sein und nur bei Regenwetter Wasser führen, wenn er nicht von dem Abwasser aus der Reinigungsanlage des unmittelbar an Wealdstone angrenzenden Orts Harrow (überdeckte Faulbecken mit zweistufigen Füllbetten), sowie aus der Reinigungsanlage von

Wealdstone selbst gespeist würde. Der Bach mündet in einiger Entfernung unterhalb der Reinigungsanlage von Wealdstone in den Brentfluss und dieser oberhalb Londons in die Themse.

Abflussmengen.

Von den gesamten Regenmengen gelangt in Wealdstone etwa $^3/_4$ in die Regenleitungen des Trennsystems, also direkt in den Bach, und $^1/_4$ in die Leitungen des Mischsystems, also auf die Reinigungsanlage. Der Trockenwetterabfluss beträgt zur Zeit etwa 900 cbm in 24 Stunden; es entfällt also auf den Kopf der Bevölkerung eine Abwasserproduktion von 110 Liter im Tage. Auf der Reinigungsanlage, welche ungefähr 1,2 km vom Mittelpunkt des Ortes entfernt liegt und zu welcher das Wasser in etwa einer Stunde gelangt, war früher chemische Klärung mit Eisenalaun eingeführt. Man hat die alte Anlage vollständig aufgegeben und eine neue Anlage nach dem Tropfverfahren Candy'schen Systems mit nachfolgender Landbehandlung hergestellt. Die Anlage, deren Bau im Jahre 1899 begonnen und nach etwa 2 Jahren vollendet wurde, hat eine solche Grösse erhalten, dass in ihr die dreifache Menge des Trockenwetterabflusses von 10000 Einwohnern, also 3300 cbm[1] täglich behandelt werden kann. Das auf der Reinigungsanlage ankommende Abwasser wird durch 2 hintereinander geschaltete Gitter geleitet und hier von den groben Schwimmstoffen (Lappen, Papier, Stroh u. s. w.) befreit. Die Reinigung der Gitter erfolgt 1 bis 2mal täglich und zwar von Hand.

Zubringer.

Der Zubringerkanal liegt an dieser Stelle nur um ein geringes tiefer als die Erdoberfläche. Da in dem Orte selbst Notauslässe nicht vorhanden sind, so gelangt das Regenwasser im ganzen Umfange bis zur Anlage. Unmittelbar oberhalb der Gitter ist in den Zubringerkanal ein Ueberfall eingebaut, durch welchen im Falle eines Regens das die dreifache Menge des Trockenwetterabflusses übersteigende Wasser (Sturmwasser und Notauslasswasser) seitlich abgeleitet wird (vergl. den Plan Bl. 10). Das Notauslasswasser wird direkt in den Bach geleitet, das Sturmwasser wird in einer besonderen Anlage gereinigt.

Sturmwasserfilter.

Diese besteht aus 2 etwa 1 m tiefen, in den Erdboden, der aus Ton besteht, eingegrabenen Becken von etwa 1600 qm Oberfläche, welche mit gebranntem Ton (burnt ballast) von verschiedener Korngrösse gefüllt sind. Das Wasser wird auf diese beiden Sturmwasserfilter verteilt und durchströmt je ein Becken in ununterbrochenem Strom. Der Abfluss wird durch eine auf dem

1) Nach anderen Angaben soll die Anlage für 4086 cbm täglich errichtet sein.

Boden der Filterbecken befindliche Drainage in den Bach geleitet. Da die normale Anlage, wie vorerwähnt, für die dreifache Trockenwetterabflussmenge von 10000 Einwohnern berechnet ist, so werden die Sturmwasserbetten zur Zeit verhältnismässig selten in Gebrauch genommen. Bei maximaler Belastung sollen in ihnen 3300 cbm[1]) Regenwasser gereinigt werden, also pro Quadratmeter Filterfläche etwa 2 cbm Sturmwasser.

Der Trockenwetterabfluss bezw. das Dünnwasser wird vor Aufleitung auf die Tropfbecken entsprechend dem Candy'schen Prinzip: „Beschränkung des Faulprozesses auf die ersten Anfänge" nur mechanisch, und zwar durch Absitzbrunnen, vorgereinigt. Der Absitzbrunnen, welcher einen Durchmesser von etwa 10,0 und eine Tiefe von 4,0 m hat, ist in seiner Sohle und in den Seitenwänden aus wasserdichtem Mauerwerk hergestellt. Er fasst insgesamt 314 cbm. Die Aufenthaltsdauer beträgt bei der derzeitigen Menge des Trockenwetterabflusses 7 bis 8 Stunden. Das Wasser wird dem Brunnen mit einem senkrecht eingehängten Rohr zugeleitet und tritt an dessen unterem offenen Ende, etwa 1,0 m über der Brunnensohle, aus, steigt von hier in dem Brunnen in die Höhe und gelangt oben durch einen ringförmigen Ableitungskanal zum Abfluss (vergl. Abb. 1 Bl. 11). In der Höhe von 1,0 m über der Sohle ist auf eisernen Trägern ein horizontales Gitter in den Brunnen eingebaut, welches das Wasser beim Aufsteigen passieren muss. Auf diese Weise ist unterhalb der Träger ein etwa 1,0 m hoher freier Raum geschaffen, in welchem das Wasser den Schlamm ablagert, und zwar wird darauf gerechnet, dass der Schlamm aus dem Wasser ausser durch die Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeit ganz besonders in dem Moment ausgeschieden wird, in welchem das Wasser seine Bewegungsrichtung ändert, nämlich in welchem es unterhalb des Gitters von der abwärts nach der aufwärts gerichteten Bewegung übergeht. Absitzbrunnen.

Um den Schlamm während des Betriebes und ohne den Betrieb zu stören aus dem Absitzbrunnen ablassen zu können, ist mit der aus der Mitte des Brunnenbodens abzweigenden Schlammabflussröhre eine durchlöcherte horizontale Röhre verbunden, welche unmittelbar über der Sohle des Absitzbrunnens frei schwebt und nur in der Mitte unterstützt ist. Diese Röhre kann mit einem Vorgelege, welches oben auf dem Absitzbrunnen bedient wird, um den Mittelpunkt des Brunnens Schlamm.

1) Siehe Fussnote auf S. 64.

herum in horizontale Drehung versetzt werden. Ist während der Drehung der Schieber in dem Schlammabflussrohr geöffnet, so wird durch den Ueberdruck des Wassers der in dem unteren Teil des Brunnens befindliche Schlamm durch die Löcher der horizontalen Röhre hindurch in das Schlammabflussrohr hineingedrückt. Er ist naturgemäss sehr flüssig (sein Wassergehalt ist nicht näher bekannt) und wird auf Land geleitet und hier verrieselt bezw. untergegraben. Seine Menge soll etwa 2 cbm innerhalb 24 Stunden betragen, d. i. pro 1 cbm Trockenwetterabfluss etwa 2,2 Liter flüssiger Schlamm.

Tropfbecken. Aus dem Absitzbrunnen tritt das Wasser in den ringförmigen Kanal ein und wird von hier mit hölzernen Rinnen auf die Tropfbetten geleitet. Diese bestehen aus einem über dem Erdboden errichteten, etwa 24,5 m breiten und 44 m langen Becken, dessen Sohle und Seitenwände gemauert sind. Die Gesamtoberfläche des Beckens beträgt rund 1100 qm. Das Becken ist in einer Tiefe von 1,15 m mit Koks gefüllt, in welchem eine 23 cm dicke Schicht Polarite eingebaut ist. Die Korngrösse des Koks beträgt 12 bis 40 mm. Die Polariteschicht liegt etwa 0,5 m unter der Oberfläche des Füllmaterials. Polarite[1] wird aus einem Eisenmineral hergestellt, welches in Süd-Wales vorkommt. Im Urzustande ist es hart und undurchlässig. Es wird nach einem patentierten Verfahren in Retorten mit Kohle und mit anderen Zusätzen behandelt und danach in der gewünschten Korngrösse zerkleinert. In dieser Form unterscheidet es sich, abgesehen von der Farbe, welche schwarz ist, nur wenig von grobkörnigem Sande; nach Angabe des Erfinders soll es sehr hart, porös, in Wasser unlöslich sein und nicht rosten. Es besteht zu etwa 50 % aus „magnetischem Eisenoxyd" und zu etwa 25 % aus Kieselsäure; ferner enthält es Tonerde, Magnesium und Kalk.

Der Boden des Tropfbeckens ist mit gewöhnlichen Drainröhren entwässert. Diese münden in Rinnen, die in dem Boden des Beckens hergestellt sind. Die Rinnen durchbrechen die seitliche Mauer des Beckens und münden in ein Gerinne aus, in welchem das abfliessende Wasser zur weiteren Behandlung auf Land geleitet wird.

Sprinkler. Die Verteilung des vom Absitzbrunnen kommenden Wassers auf das Tropfbecken geschieht mittels Sprinkler nach Candyschem System. Auf der Oberfläche des Beckens sind 2 Systeme solcher Sprinkler angebracht; jedes aus 4 einzelnen Sprinklern be-

1) Polarite wird in Deutschland neuerdings unter dem Namen Carboferrit in den Handel gebracht.

Digitized by Google

stehende System wird mittels einer Holzrinne gespeist. Das Wasser wird in diesen Rinnen nach dem Mittelpunkt jedes Systems geleitet und von hier auf die 4 Sprinkler verteilt und zwar gleichfalls in hölzernen Rinnen. Die Sprinkler selbst bestehen aus je einer etwa 12 m langen horizontalen zweiarmigen kupfernen Röhre von etwa 5 cm Durchmesser, welche in der Mitte drehbar gelagert ist. Die Sprinklerarme sind einseitig durchlöchert, die Löcher haben einen Durchmesser von etwa 6 mm. Das Wasser wird der Röhre von dem im Mittelpunkt drehbar gelagerten Sprinklertopf zugeführt und strömt aus den seitlichen Oeffnungen der Röhre aus, wodurch der Röhre nach Art des Segner'schen Wasserrades eine rotierende Bewegung in horizontaler Richtung gegeben wird. Die Geschwindigkeit beträgt an dem Kreisumfang des Sprinklers etwa 0,25 m in der Sekunde. Die Auflagerung des Sprinklertopfes ist nach Abb. 4 auf Bl. 11 erfolgt; auf demselben Blatt sind in Abb. 2 und 3 noch andere gebräuchliche Auflagerungen gezeichnet (vergl. auch Bl. 30). Jeder einzelne Sprinkler ist etwa 1 Minute lang in Bewegung und 2 Minuten in Ruhe. Der Aufguss wird also, nachdem er 1 Minute gedauert hat, je 2 Minuten lang unterbrochen. Die Unterbrechung wird in verhältnismässig primitiver Weise, wie auf der Zeichnung Abb. 4 dargestellt, durch ein Ventil bewirkt, welches die Bodenöffnung in der Zuführungsrinne abwechselnd verschliesst und öffnet. Das Ventil wird durch eine Wagschale in Bewegung gesetzt, welche abwechselnd mit Wasser gefüllt und entleert wird. Zu diesem Zweck hat die Wagschale an ihrem Boden eine kleine Oeffnung, aus welcher das Wasser ausfliessen kann. Die dadurch erleichterte Wagschale wird von dem auf der anderen Seite des doppelarmigen Hebels hängenden Ventil in die Höhe gezogen und die Bodenöffnung verschlossen. Dadurch staut sich das in der Rinne zuströmende Wasser an, bis es in einer gewissen Höhe den Ueberfall erreicht, von welchem eine kleine Rinne zu der Wagschale führt. Durch das zuströmende Wasser wird die Wagschale gefüllt und lüftet, indem sie niedergeht, das Ventil. Von der Grösse der im Boden der Wagschale befindlichen Oeffnung hängt die Dauer des Aufgusses und von der Höhe des Ueberfalls die Dauer der Pause ab. Da beides verstellbar ist, so können die Intervalle des Aufgusses beliebig gewählt werden. Der „Intermitter" kann nach Bedarf bequem auch ausgeschaltet werden. Auf das Quadratmeter Grundfläche des Tropfbeckens wird bei Trockenwetter zur Zeit eine Wassermenge von etwa 1 cbm in 24 Stunden aufgegossen. Diese Wassermenge

Digitized by Google

wird sich bei dem vollen Ausbau des Systems, nämlich wenn Wealdstone 10000 Einwohner hat, auf 1,15 cbm erhöhen, d. i. pro cbm Tropfkörpermaterial 1,0 cbm Trockenwetterabfluss. Man hofft diese Wassermenge dauernd aufbringen zu können.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich, entstehen zwischen den Sprinklern auf der Oberfläche des Tropfbeckens tote Winkel, welche auf Abb. 1a Bl. 11 schraffiert dargestellt sind. Diese toten Winkel sollen zur besseren Durchlüftung des Tropfbettes dienen, da sie stets frei von Wasser bleiben. Rechnet man diese toten Winkel hinzu, so entfallen zur Zeit auf das Quadratmeter der Gesamtgrundfläche des Tropfbeckens täglich nur rund 0,8 cbm des Trockenwetterabflusses oder auf das Kubikmeter Tropfkörpermaterial 0,7 cbm. Bei voller Belastung kommen auf das Quadratmeter der Gesamtfläche 1 cbm Trockenwetterabfluss oder pro Kubikmeter Material 0,9 cbm. Bei Regenwetter und voller Belastung steigt die zu reinigende Abwassermenge auf 3,0 cbm Abwasser für je 1 qm Tropfkörperfläche oder auf 2,6 cbm Abwasser für je 1 cbm Material.

Es bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung, dass man durch Vergrösserung des Röhrendurchmessers des Sprinklers und durch Vergrösserung der Ausgussöffnungen in der Röhre die über das Tropfbecken durch den Sprinkler zu verteilende Wassermenge innerhalb gewisser Grenzen vermehren kann.

Intermittierende Filtration. Die Nachbehandlung des aus dem Tropfbecken kommenden Abflusses auf Land geschieht durch intermittierende Filtration, wobei die Oberfläche des Landes fast ununterbrochen unter Wasser gesetzt wird.

Reinigungserfolg. Die Wasserprobe, welche am Tage der Besichtigung entnommen wurde (vergl. Anlage V zu 4), stammte aus dem Ausfluss des Tropfbeckens, nicht aus dem Abfluss der intermittierenden Filtration. Am Tage vor der Besichtigung hatte es geregnet, wodurch der Reinigungseffekt beeinflusst sein soll. Das Wasser besass eine schwache Opalescenz, eine schwach gelbliche Farbe und einen dumpfmodrigen Geruch. Schwebestoffe enthielt das Wasser in nicht sehr bedeutender Menge. Die Durchsichtigkeit wurde zu 11 cm ermittelt. Bei der Aufbewahrung der Probe zeigten sich die für biologisch geklärte Abwässer charakteristischen Aenderungen: Das Wasser wurde unter Abscheidung eines geringen Bodensatzes vollständig klar; an Stelle des dumpfmodrigen Geruchs trat ein mehr mooriger; Schwefelwasserstoff- oder ein Fäulnisgeruch konnte nicht wahrgenommen werden. Dem zur Zeit der Besichtigung aus den Sprinklerbetten abfliessenden Wasser

war also durch die geübte Behandlung die Fäulnisfähigkeit genommen worden. Das geklärte Wasser zeigte nur geringe Mengen von Nitraten, Nitrite fehlten vollständig. Ammoniak fand sich in einer Menge von etwa 25 mg, organischer Stickstoff von ca. 8 mg pro Liter vor. Der Kaliumpermanganatverbrauch (nach Kubel) wurde zu über 100 mg pro Liter (= 25,8 O) ermittelt. Der Chlorgehalt des gereinigten Wassers betrug 84 mg.

Nach den englischen Angaben (vergl. Anlage I, III und IV zu 4) zeigt das Rohwasser einen Ammoniakgehalt von 67,9 mg pro 1 Liter und einen Albuminoidammoniakgehalt von 35,8 mg; das aus den Tropfkörpern abfliessende Wasser soll nur noch 0,4 mg Ammoniak und 1,3 mg Albuminoidammoniak enthalten. Ausserdem sollen die Abflüsse an Nitraten und Nitriten 22,9 mg im Liter enthalten. Der in Wealdstone durch das Tropfverfahren erzielte Reinigungseffekt wird für Ammoniak zu 99,4 %, für Albuminoidammoniak zu 97 %, für den Sauerstoffverbrauch (Dreistundenprobe) zu 90,9 % angegeben.

Die Gesamtfläche, welche von der Reinigungsanlage in Anspruch genommen wird, beträgt 5,6 ha; davon entfallen auf die intermittierende Filtration nur etwa 2 bis 3 ha, das übrige wird von der Reinigungsanlage selbst, sowie von der Anlage für das Sturmwasser und für die Unterbringung des Schlamms in Anspruch genommen.

Die Reinigungsanlage ist Tag und Nacht ununterbrochen im Be- **Betrieb.** triebe. Auf derselben sind während des Tages drei Arbeiter beschäftigt, während der Nacht niemand. Die Anlage wird während der Nacht automatisch im Betrieb erhalten. Im Notfall, z. B. bei eintretendem Regen, soll einer der drei Arbeiter, welcher in einer in der Nähe befindlichen Wohnung untergebracht ist, des Nachts die Anlage revidieren. Von den drei Arbeitern ist einer am Tage ununterbrochen damit beschäftigt, die Oberfläche des Tropfbeckens mit dem Spaten in einer Tiefe von etwa 10 bis 15 cm umzugraben und aufzulockern. Die beiden anderen Arbeiter besorgen die Beaufsichtigung der Schlammrieselung und der intermittierenden Filtration. Eine Erneuerung oder Entschlammung des Tropfkörpermaterials hat sich bisher nicht als erforderlich herausgestellt. Bei der Besichtigung waren die einzelnen Stücke an der Oberfläche des Füllmaterials mit einer dunklen, bräunlich-schleimigen Schicht überzogen. Eine Probe des aufgegrabenen Materials besass den für biologische Körper charakteristischen moderig-erdigen Geruch.

Die Kosten für die Herstellung der baulichen Einrichtungen auf **Kosten.**

der Reinigungsanlage haben etwa 167000 M. betragen, d. i. 20 M. pro Kopf der derzeitigen Bevölkerung. Angaben über die Betriebskosten, sowie die Höhe der Verzinsung und Tilgung des vorgenannten Anlagekapitals konnten nicht erlangt werden. Die Betriebskosten lassen sich aber nach den vorstehenden Angaben auf etwa 3500 bis 4000 M. im Jahr schätzen; hiernach würde auf je 1 cbm Abwasser etwa 1,0 Pf. entfallen.

5. Caterham (Kaserne).

Allgemeines. Caterham ist ein kleiner Ort mit Bahnstation im Süden von London, etwa 30 km von dem Mittelpunkt Londons entfernt. Der Ort selbst liegt in einem kleinen, verhältnismässig schmalen Tal, welches in die Kreidefelsen ziemlich tief eingeschnitten ist. Von der Station gelangt man in etwa $^3/_4$ Stunden nach den oberen Teilen des Ortes, die auf dem Plateau des Höhenrückens etwa 100 bis 200 m höher liegen als die Eisenbahnstation. Auf diesem Plateau befindet sich die Kaserne eines englischen Garde-Regiments, welche im Durchschnitt mit 1000 Soldaten belegt ist. Die Kasernengebäude gruppieren sich um einen mittleren Platz, welcher mit gärtnerischen Anlagen versehen ist, und sind niedrig gebaut, sodass sie einen verhältnismässig grossen Flächenraum beanspruchen. Hinter der Kaserne und ausserhalb ihres Grundstücks, in einer Entfernung von etwa 500 m von der Kasernengrundstücksgrenze ist die Reinigungsanlage für das Kasernenabwasser errichtet, der das Wasser mit natürlichem Gefälle in etwa 20 Minuten zufliesst. Die Anlage befindet sich an einem Abhange, welcher eine Neigung von etwa 1 : 3 hat. Die Kaserne ist nach dem Mischsystem entwässert. Der Trockenwetterabfluss beträgt 100 cbm für den Tag, also etwa 100 Liter pro Tag und Kopf der Kasernenbevölkerung. Die Reinigungsanlage ist auf Blatt 12 dargestellt; sie ist nach dem System von Scott-Moncrieff errichtet, und zwar nach dessen älterer Form[1]), wie er sie für kleine Abwassermengen mehrfach zur Anwendung gebracht hat. Das Wasser gelangt

Absitzbecken. zunächst in ein Absitzbecken, welches 4 m breit, 6 m lang und etwa 4 m tief ist, und nach dem Durchströmen desselben in einen 6 m

Faulraum. breiten und 11 m langen Faulraum (den sogen. „cultivation tank"), welcher bis zu einer Tiefe von etwa 2 m mit Flintsteinen von Faust- bis

1) Bezüglich des neueren Systems von Scott-Moncrieff vergl. die bei Birmingham gemachten Angaben.

Digitized by Google

Kindskopfgrösse gefüllt ist. Diese von Scott-Moncrieff schon seit dem Jahre 1891, und zwar in Ashead (Surrey) zuerst geübte, teilweise Anfüllung des Faulraumes mit Filtermaterial soll eine raschere Verflüssigung der suspendierten Stoffe und einen schnelleren Abbau der gelösten, speziell der stickstoffhaltigen Substanzen zu Ammoniak bewirken als ein einfacher, ohne derartige Materialfüllung hergestellter Faulraum. Das Wasser tritt durch einen im Boden angeordneten Kanal, dessen Decke durchlocht ist, in den Faulraum hinein. Es durchströmt denselben der Länge nach und gelangt von hier in die Tropfkörperanlage. Für meteorische Niederschläge sind in dem Flintsteinfaulbecken Ueberfälle angeordnet, welche das überschüssige Wasser auf eine benachbarte, stark abhängige Wiese von etwa 2,5 ha Grösse leiten, auf welcher es zur Verrieselung gelangt.

Die Scott-Moncrieff'sche Tropfanlage besteht aus einem Gebäude, welches 7 m breit, 16 m lang und 4 m hoch ist. Dasselbe ist mit einer flachgewölbten Decke versehen. In den Seitenwänden sind schmale Oeffnungen angebracht, welche die Luft in das Innere hineinführen. Im Innern sind in 8 verschiedenen Abteilungen je 7 Betonkästen („nitrifying trays") übereinander aufgestellt, von denen jeder eine Länge und Breite von je 3,2 m und eine Höhe von 17,5 cm hat. Die Kästen, welche einen durchlöcherten Boden haben, sind bis zu ihrem Rande mit Koks von Haselnuss- bis Wallnussgrösse gefüllt (10 bis 30 mm). Zwischen je 2 Kästen befindet sich ein Luftraum von 10 cm Dicke. Die Gesamthöhe des biologischen Tropfkörpers beträgt 1,9 m; hiervon entfallen auf die zwischen dem Material befindlichen Luftschichten insgesamt 0,7 m und auf die Materialschichten zusammen 1,2 m. Die Kästen ruhen auf einzelnen gemauerten Pfeilern. Um die Kästen sind innerhalb des Gebäudes Gänge gelassen, sodass man an jeden einzelnen Kasten herangelangen kann. Tropfkörper.

Das Wasser tritt aus dem Faulraume in ununterbrochenem Strom in Röhren ein, welche über den obersten Kästen angeordnet sind, Sprinkler. und ergiesst sich aus diesen in 4 Kippgefässe. Die Kippgefässe, welche auf Blatt 12 Abb. 2 besonders dargestellt sind, sind exzentrisch gelagert und entleeren sich, wenn sie vollgelaufen sind, in die darunter befindlichen eisernen Kästen. Je nach der den Kippgefässen zufliessenden Wassermenge erfolgt ihre Entleerung bald früher, bald später. Unter normalen Verhältnissen soll etwa alle 7 bis 10 Minuten ein Umkippen derselben und damit eine Besprengung der Tropfkörperoberfläche mit dem Abwasser eintreten. Aus den unter den Kippgefässen an-

Digitized by Google

geordneten Kästen führen durchlochte Röhren heraus, welche die Verteilung des Abwassers auf die darunter liegenden Kokskästen bewirken. Die Verteilungsröhren sind feststehende Sprinkler und haben einen Durchmesser von etwa 3 cm; sie liegen parallel miteinander in Entfernungen von je 0,5 m. Die Oeffnungen, durch welche das Wasser aus den Röhren heraustritt, haben einen Durchmesser von 5 mm. Bei dieser Anordnung wird das Wasser zunächst gleichmässig über die obersten Kästen verteilt; von diesen tropft das Wasser durch die darunter befindliche Luftschicht auf die zweite Reihe der Kokskästen und so fort, bis das Wasser, stets abwechselnd Material und Luftschicht passierend, auf dem Boden des Gebäudes angelangt ist. Zur besseren Entlüftung des Gebäudes dienen 8 Oeffnungen, jede 0,5 m breit und 0,7 m lang, welche in der horizontalen Decke angeordnet sind, und ausserdem ein etwa 6 m hoher gemauerter Entlüftungsschlot, welcher auf der Mitte der Decke steht. Auf dem Boden des Gebäudes befinden sich Rinnen, welche das heruntertropfende, gereinigte Wasser ableiten. Nachdem dieses ausserhalb des Gebäudes noch eine mit Flintsteinen gefüllte Grube von 3 m Breite, 6 m Länge und 0,6 m Tiefe der Länge nach durchflossen hat, wird es auf Ackerland gelassen und kommt hier zur Versickerung. Das für diesen Zweck zur Verfügung stehende, 2,5 ha grosse Land besteht in gleicher Weise wie das benachbarte Gelände, auf welches der ungereinigte Regenüberschuss geleitet wird, aus tonhaltigem, wenig durchlässigem Boden.

Betrieb. Die Anlage ist seit September 1898 in Betrieb. Eine Reinigung der Kokskästen war bisher nicht erforderlich. Nur die Verteilungsröhren (Sprinkler) über diesen Kästen müssen zweimal die Woche mit kleinen Bürsten gereinigt werden. Die in Caterham errichtete biologische Anlage ist für eine Gesamtschmutzwassermenge von etwa 70 cbm (Trockenwetterabfluss) eingerichtet worden. Wie eingangs erwähnt wurde, handelt es sich daselbst um eine nicht unbeträchtlich grössere, täglich zu reinigende Abwassermenge. Gegen eine Ueberlastung der Tropfkörperanlage hilft man sich anscheinend sehr einfach dadurch, dass man nur einen Teil des Abwassers derselben zuführt und den Ueberschuss durch die Regenüberfälle (direkt) zur Berieselung bringt. Wir sahen wenigstens, dass die Ueberfälle auch bei trockenem Wetter in Benutzung waren, denn zur Zeit der Besichtigung gelangte zu der Reinigungsanlage nur eine verhältnismässig sehr geringe Wassermenge, während der grössere Teil der Abwassermenge mit Umgehung der Tropfkörperanlage durch die Ueberfälle direkt auf die Wiese floss.

Digitized by Google

Bei der derzeit geübten Betriebsart konnte Klarheit darüber nicht erlangt werden, ob die Tropfanlage, wie von Scott-Moncrieff angegeben, pro Quadratmeter Tropfkörperfläche 1.1 cbm Abwasser, d. h. rund 0,9 cbm Abwasser pro Kubikmeter Tropfkörpermaterial täglich zu verarbeiten imstande ist.

Schlamm, welcher sich in dem unter dem oberen Flintsteinfaulbecken befindlichen Kanal absetzt, wird aus diesem alle 6 Monate einmal herausgelassen und auf das Land zur Verrieselung geleitet. Auch der Schlamm, welcher sich in dem Absitzbecken angesammelt hat, wird alle 6 Monate einmal abgelassen und in gleicher Weise behandelt. Eine Wartung der Anlage ist, da jeder Pumpenbetrieb fehlt, sowie bei der automatischen Beschickung der biologischen Körper im allgemeinen nicht erforderlich. Die Bedienung beschränkt sich im wesentlichen darauf, dass ein Aufseher einmal am Tage sich von dem normalen Funktionieren der Anlage überzeugt, wenn erforderlich die Verteilungsröhren reinigt und den angesammelten Schlamm ablässt. Schlamm.

Irgend welche Angaben über die aufgewendeten Baukosten konnten nicht erlangt werden. Dieselben sind sicher nicht unbedeutend gewesen, wenn man die relativ geringe Menge des zu reinigenden Abwassers in Vergleich stellt zu dem Umfange der biologischen Anlage und erwägt, dass zum Schutze gegen Kälte die Tropfkörper noch in einem eigenen Gebäude[1]) untergebracht werden mussten. Kosten.

Hinsichtlich der am Besichtigungstage festgestellten Wasserbeschaffenheit ist folgendes zu berichten: Das auf der Reinigungsanlage ankommende Rohwasser war von graugelblicher Farbe, von deutlich fäkalartigem, aber noch nicht fauligem Geruche und enthielt ziemlich viel feste Stoffe (Papier, Fäces u. s. w.). Das aus dem Faulraum abfliessende Wasser besass zur Zeit der Besichtigung das Aussehen, wie es für das Wasser aus gut eingearbeiteten Faulräumen charakteristisch ist: Es war von schwärzlicher Farbe, intensiv fauligem und deutlichem Schwefelwasserstoffgeruch. Schwebestoffe in grösserer Menge waren in dem Faulraumabfluss anscheinend nicht vorhanden. Reinigungserfolg.

Bei der Verteilung des Faulraumabflusses über die Tropfkörper machte sich ein unangenehmer Geruch nicht bemerkbar. Die Kipp-

1) In heissen Gegenden, z. B. in Südafrika, wo die Scott-Moncrieff'schen Anlagen mehrfach Verwendung gefunden haben, ist diese Vorsichtsmassregel natürlich nicht erforderlich.

Digitized by Google

gefässe funktionierten ungestört und zwar ungefähr alle 10 Minuten, und durch die einzelnen Körper hindurch wurde ein gleichmässiges Tropfen der Flüssigkeit beobachtet. Charakteristisch war, dass an dem Boden der drei obersten Betonkästen weissliche, bis 5 cm lange Pilzfäden (Fusarium oder Sphaerotilus) vorhanden waren, an denen das Wasser gleichmässig herabtropfte. An den übrigen Betonkästen trat diese Pilzbildung nicht auf, offenbar infolge der eingetretenen besseren Beschaffenheit des Abwassers.

Die Veränderungen, welche das Schmutzwasser beim Hindurchtropfen durch die einzelnen Lagen des Körpermaterials erleidet, sind sehr schön aus den von Houston für Ashead erhaltenen Ergebnissen, die in nachstehender Tabelle 12 wiedergegeben sind, ersichtlich.

Tabelle 12.

Art des Abwassers	Albumin.-stickstoff	Ammon.-stickstoff	Nitrat-stickstoff	Nitrit-stickstoff	Sauerstoff-verbrauch (Vierstd.-probe)
	mg pro 1 l				
Abfluss aus dem Faulraum („cultivation tank") . . .	12,3	103,0	1,2	0	98,0
Abfluss aus dem erst. (oberst.) Betonkasten	10,3	86,5	0,9	9,9	67,0
Abfluss aus dem zweiten „	8,2	74,2	5,0	9,0	57,0
Abfluss aus dem dritten „	4,9	41,2	18,7	7,8	45,0
Abfluss aus dem vierten „	2,9	33,0	27,6	6,6	17,0
Abfluss aus dem fünften „	1,2	12,4	46,8	4,8	13,0
Abfluss aus dem sechsten „	2,9	14,4	44,2	5,1	15,0
Abfluss aus dem siebenten „	2,5	2,9	66,0	0	8,0
Abfluss aus dem achten „	5,3	1,7	73,0	0	4,6
Abfluss aus dem neunten (unterst.) „	4,9	2,0	90,0	0	6,0

Bemerken wollen wir, dass in Ashead nicht 7, sondern 9 Betonkästen übereinander angeordnet sind, dass die vorstehenden Analysenergebnisse bei einer Belastung des biologischen Körpers von etwa 1 cbm Abwasser pro 1 qm Tropfkörperfläche erlangt worden waren, und dass das Hindurchtropfen des Abwassers durch die verschiedenen Betonkästen insgesamt ca. 8 Minuten in Anspruch genommen hatte.

Das aus der Tropfkörperanlage zur Zeit der Besichtigung abfliessende Wasser war noch erheblich getrübt; es besass einen modrigen Geruch und enthielt ausserordentlich grosse Mengen kleiner Fliegen (sogen. Schmetterlingsmücken, Psychoda). Die hierdurch bewirkte ziemlich grosse Verschmutzung des Tropfkörperabflusses liess nicht

zu, dass eine einwandsfreie Probe von diesem Wasser entnommen werden konnte. Aus diesem Grunde wurde die Probe ausnahmsweise nicht direkt hinter der Tropfkörperanlage[1]), sondern erst hinter der kleinen mit Flintsteinen gefüllten Grube, welche an die Tropfkörperanlage angeschaltet ist, geschöpft. Die hier entnommene Probe (vergl. Anlage V zu 5) opaleszierte, hatte eine Durchsichtigkeit von etwa 6 cm, war nahezu geruchlos und nahm auch bei längerem Aufbewahren keinen unangenehmen Geruch oder gar Schwefelwasserstoffgeruch an. Der Verbrauch an Kaliumpermanganat war sehr hoch (über 200 mg), auch waren in dem Wasser aussergewöhnlich hohe Stickstoffmengen vorhanden; trotzdem war eine Nachfaulung der Probe nicht zu beobachten.

Die vorstehend beschriebene Beschaffenheit der Abflüsse steht bis zu einem gewissen Grade in Uebereinstimmung mit den Angaben, welche aus der englischen Literatur bekannt geworden sind. Aus diesen Angaben (vergl. Anlage II zu 5) ist nämlich ebenso wie aus unserer Untersuchung ersichtlich, dass es sich in Caterham um ein ziemlich stark konzentriertes Wasser handelt, indem erwähnt wird, dass die Faulraumabflüsse 158 bis 425 mg Ammoniak enthalten, sowie einen Chlorgehalt zwischen 130 und 180 mg pro Liter aufweisen.

Im Gegensatz zu den englischen Ermittelungen zeigt die diesseits ausgeführte Untersuchung, dass am Besichtigungstage keineswegs eine weitgehende Entfernung des Ammoniaks stattgefunden hat. Wie die Analysentabelle (Anlage V zu 5) erkennen lässt, enthielten die Abflüsse immer noch 130 mg pro Liter, während nach den englischen Angaben alles Ammoniak bis zu 6 mg herab entfernt werden soll. Entsprechend diesem Verhalten des Ammoniaks ist auch das Auftreten der Salpetersäure ein durchaus verschiedenes. Während in dem von uns entnommenen Abflusse nur eine deutliche Reaktion auf Nitrate erhalten wurde, gibt Rideal für die Caterhamer Abflüsse bis zu 290 mg Nitrate pro Liter an.

Inwieweit dieser Unterschied durch die verschiedene Art der Probeentnahme sich erklären lässt, soll hier nicht näher erörtert werden. Soviel lässt sich aber mit aller Bestimmtheit sagen, dass am Besichtigungstage keineswegs der hohe Reinigungseffekt bestand, der vielfach der genannten Anlage nachgerühmt wird.

---

1) Vergl. hierzu das auf S. 38 dieser Arbeit Gesagte.

6. Manchester.

Allgemeines über die Kanalisation von Manchester.

Allgemeines. Die Stadt Manchester hat mit Einschluss einiger Teile von Audenshaw und Stretford eine Entwässerungsfläche von etwa 5000 ha, auf welcher 564000 Menschen wohnen, und wird von dem Fluss Irwell durchströmt, während der Fluss Mersey in unmittelbarer Nähe vorbeifliesst. Beide Flüsse befinden sich in einem überaus schlechten Zustande. Sie werden nicht allein in Manchester selbst, sondern schon oberhalb der Stadt durch vielfache Zuflüsse aus industriellen Anlagen stark verunreinigt: im Bereiche dieser beiden Flüsse befinden sich nämlich nicht weniger als 450 Fabrikbetriebe, und das Wasser beider Flüsse wird von der Quelle ab bis nach Manchester hin, also auf einer Strecke von 90 bezw. 48 km Länge, etwa 200 mal in seinem ganzen Umfange für industrielle Zwecke ausgenutzt und in seiner Beschaffenheit völlig umgewandelt.

Manchester selbst ist die Stadt der Arbeit und des Handels. Wenn auch seine Strassen verhältnismässig sauber sind, so macht die Stadt doch einen wenig freundlichen Eindruck. Die Vorstädte von Manchester sind im Laufe der Zeit grosse Gemeinden geworden und sind, obwohl selbständig, mit Manchester eng verschmolzen. In der Stadt und in der Umgebung verursachen die Fabrikschornsteine so starken Rauch und Russ, dass der Himmel dauernd verfinstert wird und Tage mit Sonnenschein zu den grössten Seltenheiten gehören. Manchester mit seiner Umgebung ist der am dichtesten mit Industrie besetzte Bezirk auf der Welt. Fabrikwässer. An Fabrikbetrieben kommen zumeist Baumwollspinnereien in Betracht, dann aber auch Brauereien, Färbereien, Galvanisierungswerke, Gerbereien, Appreturanstalten, Fett- und Talgschmelzen, Mineralwasserfabriken, Gasfabriken und Fabriken zur Verarbeitung von Teerprodukten. Unter normalen Verhältnissen enthält das Manchester Abwasser etwa 5 % derartiger aus industriellen Betrieben stammender Abgänge. Eine Klärung der Fabrikwässer vor Einleitung in die Kanalisation findet im allgemeinen nicht statt, jedoch ist vorgeschrieben, dass die Fabrikwässer nicht mehr als 213 mg suspendierte Stoffe im Liter enthalten dürfen und von allen Stoffen befreit sein müssen, welche auf die Kanäle schädlich oder innerhalb derselben gesundheitsschädlich oder gefährlich wirken könnten. Ausserdem haben die Fabriken solche Einrichtungen zu treffen, dass der Abfluss über die 24 Stunden des Tages gleichmässig verteilt wird. Die unterirdischen

Kanäle Manchesters haben eine Länge von etwa 4400 km. Der grösste Kanal ist etwa 3 m breit und 4,2 m hoch. Die engste Tonrohrleitung hat einen Durchmesser von 24 cm. Die Wasserversorgung liefert durchschnittlich 133 Liter für den Tag und den Kopf der Bevölkerung. Hiervon sollen etwa 75 Liter auf den häuslichen und 58 auf den industriellen Verbrauch entfallen. Von den vorhandenen etwa 120 000 Klosetts sind nur 46000 an die Kanalisation angeschlossen, der Rest besteht aus Tonnenklosetts. Der Trockenwetterabfluss beträgt zur Zeit etwa 110 000 cbm oder rund 200 l für den Tag und den Kopf der Bevölkerung. Der grosse Unterschied zwischen dieser Wassermenge und derjenigen, welche die Wasserwerke liefern, ist darauf zurückzuführen, dass die Rohrleitungen des Entwässerungsnetzes nicht wasserdicht sind und das Grund- und Schwitzwasser im Untergrunde durchlassen, sowie auch darauf, dass viele Fabriken das erforderliche Wasser nicht aus der Wasserleitung, sondern aus dem Untergrunde entnehmen. Die Stadt ist nach dem Mischsystem entwässert. Die Kanalisationsleitungen sind in der Stadt mit zahlreichen Notauslässen versehen, deren Ueberfallschwellen so hoch liegen, dass die Notauslässe erst in Tätigkeit treten, wenn die Kanäle mehr als das Sechsfache des Trockenwetterabflusses abführen. Im Jahre 1901 wurden mit Einschluss des Regenwassers täglich durchschnittlich 155 000 cbm Abwasser gereinigt, d. i. rund 275 Liter pro Kopf der Bevölkerung. Das Entwässerungsgebiet ist zum Teil steil, das Regenwasser kommt daher sehr rasch zum Abfluss, zuweilen in sehr grosser Menge[1], und führt viel Schlamm und Sand mit, welcher dem Kanalisationsnetz direkt zugeführt wird, da die Einläufe meist ohne Sandfänge hergestellt sind. Im Irwellfluss schwankt der Wasserstand innerhalb hoher Grenzen; bisweilen steigt er so hoch, dass die in dem Kanalisationsnetz angeordneten Ueberfälle überschwemmt werden und das Flusswasser in das Kanalisationsnetz hineintritt. Durch einen solchen Umstand wurde die Abwassermenge am 6. August 1900 auf 1 Million Kubikmeter pro 24 Stunden erhöht.

Kanalisationsnetz.

Abflussmengen.

Die beiden Flüsse Irwell und Mersey dienen zur Speisung des grossen Kanals für Seeschiffe, des Manchester „Schiffahrtskanals“, welcher Manchester mit dem Meere bei Liverpool verbindet. Sie führen bei normalem Wasserstande eine verhältnismässig geringe Wassermenge, nämlich zusammen 10,5 cbm pro Sekunde. Da auch die Reinigungs-

Vorflut.

1) Das Klima von Manchester ist verhältnismässig feucht, die mittlere jährliche Regenhöhe beträgt etwa 900 mm (vergl. Blatt 2).

anlage an dem genannten Schiffahrtskanal gelegen ist, so ist die Vorflut sowohl für die Notauslasswässer als auch für die gereinigten Abwässer eine sehr ungünstige, umsomehr als der Schiffahrtskanal gestaut ist, durch ausserordentlich dicht bevölkerte Gegenden hindurchführt und an seinem Ende die Stadt Liverpool durchzieht.

Mit Rücksicht hierauf sowie mit Rücksicht auf den ziemlich hohen Verunreinigungsgrad des Abwassers gestaltet sich die Reinigung der Abwässer Manchesters zu einer ausserordentlich schwierigen.

Zubringer. Die Reinigungsanlage befindet sich in Davyhulme, etwa 8 km vom Mittelpunkt des Entwässerungsgebietes entfernt. Das Abwasser wird der Reinigungsanlage in dem Zubringerkanal mit natürlichem Gefälle (etwa 1 : 2000) zugeführt; es braucht ungefähr 4 bis 6 Stunden, bis es auf der Reinigungsanlage anlangt.

Die alte Reinigungsanlage von Manchester.

Die alte Reinigungsanlage stammt aus dem Jahre 1893 und reinigt das Abwasser durch Zusatz von Chemikalien. Beim Eintritt in die Reinigungsanlage (vergl. Blatt 13, 14 und 16) liegt der Zubringerkanal mit

Sandfang. seiner Sohle etwa 4 m unter der Erdoberfläche. Das Abwasser gelangt durch ein System von Gittern, welche es von den Schwimmstoffen (Stroh, Lappen, Papier etc.) befreien, in den Sandfang. Die Schwimmstoffe werden durch maschinell bewegte Rechen von den Gittern abgestrichen und in eine Rinne geschafft, von wo sie in Wagen fallen und auf diesen mittels einer Feldeisenbahn fortgeschafft werden. Der Sandfang hat trichterförmige Vertiefungen, in welche Sand, Kaffeegrund und sonstige schwere Stoffe niederfallen. Diese werden durch ein maschinell betriebenes Baggerwerk auf eine Plattform gehoben und hier vermittelst Rinnen in die Feldeisenbahn verladen. Durch diese Reinigungsvorrichtungen sind in regenfreier Zeit wöchentlich etwa 90 Tonnen feste Massen beseitigt worden. Bei Regenwetter erhöhen sich diese Massen bis auf 140 Tonnen in 24 Stunden. Diese Bestandteile werden zur Zeit in das in der Nähe von Barton gelegene alte Bett des Irwellflusses (vergl. Blatt 13) provisorisch eingeschüttet; sie bestehen im getrockneten Zustande zum grossen Teil, nämlich 35 %, aus brennbaren Massen, davon 7 % Kohle. Der Rest besteht aus Sand, Kies, Schlacken und aus kleinen Stücken von Ziegelsteinen.

Chemische Zuschläge. Gleich hinter dem Sandfang wird dem Wasser Kalkmilch zugesetzt und zwar je nach der Beschaffenheit des Wassers in verschiedener Menge. Im Jahre 1901 sind durchschnittlich 31 g Kalk pro

Kubikmeter Wasser zugesetzt worden. In einer Entfernung von 20 m von dieser Zusatzstelle wird Eisenvitriol in heisser Lösung zugesetzt, gleichfalls in verschiedenen Mengen je nach der Beschaffenheit des Wassers. Im Jahre 1901 sind durchschnittlich 17 g Eisenvitriol pro Kubikmeter Wasser zugesetzt worden. Die Zusatzmenge der Chemikalien kann in verhältnismässig niedrigen Grenzen gehalten werden, weil in den Fabrikwässern in nicht geringer Menge Chemikalien, namentlich Eisensalze, enthalten sind, welche bereits zur Reinigung des Wassers beitragen. Im übrigen sucht man den Zusatz an Chemikalien, namentlich an Kalk, einzuschränken, um die Menge des Schlamms und damit die Kosten der Schlammbeseitigung nach Möglichkeit zu verringern, denn bekanntlich setzt sich Kalk (CaO) mit Wasser zu gelöschtem Kalk ($Ca[OH]_2$) um, welcher im stichfesten Zustande etwa 3 bis 5 mal so viel wiegt wie der Kalk (CaO), während er im schlammförmigen Zustande mehr als 15 mal so viel wiegt wie dieser.

Das Wasser gelangt mit natürlichem Gefälle zu den Klärbecken und wird möglichst gleichmässig auf die Gesamtzahl derselben (11) verteilt. Die Klärbecken, von denen jedes 90 m lang, 30 m breit und im Mittel 1,8 m tief ist, vermögen insgesamt etwa 57 000 cbm Wasser zu fassen (auf je 1 cbm der täglichen Abwassermenge — aus dem Jahresmittel berechnet — kommt also 0,37 cbm Beckeninhalt). Das Wasser durchfliesst diese Klärbecken der Länge nach im langsamen ununterbrochenen Lauf, wobei Schwimmkörper durch schräg gestellte Schaumbretter (Tauchplatten) abgehalten werden, und gelangt am Ende der Klärbecken über ein Ueberfallwehr. Es wird direkt in den neben der Anlage befindlichen Schiffahrtskanal geleitet. Klärbecken.

Nach den in dem Betriebsjahre 1902/03 (April 1902 bis März 1903) ausgeführten sehr zahlreichen Analysen beträgt die Abnahme des Sauerstoffverbrauchs (Vierstundenprobe) rund 31 %, die des Albuminoidammoniaks rund 37 %; das Ammoniak hat eine geringe Zunahme erfahren. Die absoluten Werte (vergl. Anlage I und II zu 6a) waren in dem betreffenden Betriebsjahre die folgenden: Reinigungserfolg.

Rohwasser: Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) 458,0; Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 121,0; Ammoniak 29,5; Albuminoidammoniak 7,3; Chlor 197,0.

Klärbeckenabfluss: Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 83,0; Ammoniak 30,9; Albuminoidammoniak 4,6 (mg pro 1 Liter).

Die einzelnen Klärbecken sind 1 Woche lang im Betrieb und Schlamm.

Digitized by Google

werden dann entleert. Das geschieht in der Weise, dass das oben stehende Wasser dem Rohwasser wieder zugepumpt wird und der unten liegende Schlamm durch Grundschieber mit natürlichem Gefälle einem gemeinschaftlichen Schlammbrunnen zugeführt und von hier mittels Druckluft (2 Shone'sche Ejektoren, jeder 1,36 cbm Schlamm fassend) in 2 am Kanal gelegene, je 1000 Tonnen Schlamm fassende Becken gedrückt wird (vergl. Blatt 13 und 14). Aus diesen Becken wird der Schlamm mit natürlichem Gefälle in das am Ufer des Schiffahrtskanals anlegende Schlammschiff gelassen und nach dem Meer gefahren, wo er bei Mersey Bar versenkt wird. Zum Transport des Schlammes dient ein Dampfer von gleicher Konstruktion und Grösse (1000 Tonnen Tragfähigkeit) wie in Barking. Der Dampfer macht in der Woche 3 Reisen. Im Durchschnitt werden jährlich 195 000 Tonnen Schlamm gewonnen und beseitigt. Der Schlamm enthält im Mittel 90 % Wasser; aus 1 cbm Abwasser werden mithin rund 3,5 Liter flüssiger Schlamm mit 350 g festen Stoffen erhalten.

Kosten. Die Herstellung der Reinigungsanlage hat 4 600 000 M. Kosten verursacht (pro Kopf der Bevölkerung 8,15 M.). Die jährlichen Ausgaben für die Reinigung des Abwassers auf chemischem Wege mit Einschluss der Beseitigung des Schlamms, jedoch mit Ausschluss der Verzinsung und Schuldentilgung haben sich in den letzten Jahren auf 0,7 Pf. für das Kubikmeter Wasser belaufen.

Die Versuche in Manchester.

Das chemische Klärverfahren hat sich nicht bewährt, weil es die Abwässer nicht genügend zu reinigen vermag. Das gereinigte Wasser fault nach, erzeugt Niederschläge im Vorfluter, es verunreinigt deshalb den Schiffahrtskanal nicht unbedeutend. Das „Mersey and Irwell Joint Committee" hat über diese Zustände wiederholt Beschwerde geführt, und das hat die Veranlassung gegeben, dass die Stadtverwaltung von Manchester sich mit der Idee befreundete, Aenderungen eintreten zu lassen. Die Einführung der Rieselei, der damaligen einzigen Methode, das Abwasser dauernd in befriedigender Weise reinigen zu können, kam wegen der ausserordentlich dichten Bevölkerung auf grosse Entfernungen um Manchester herum, wegen der hohen Grund- und Bodenpreise und wegen der geringen Durchlässigkeit des Bodens nicht in Frage. Auch die Kombination der chemischen Klärung mit Berieselung, wobei bedeutend weniger Land erforderlich gewesen wäre, kam trotz günstiger Vorversuche aus obigen

Versuche.

Gründen nicht in Anwendung. Man holte daher im Jahre 1898 das Gutachten von 3 Sachverständigen ein, einem Ingenieur (Baldwin Latham), einem Bakteriologen (P. F. Frankland) und einem Chemiker W. H. Perkin jr.). Auf Grund ihrer Erwägungen erteilten die Sachverständigen der Stadtverwaltung den Rat, mit dem biologischen Verfahren eingehende Versuche anzustellen und hierdurch festzustellen:

1. ob und welche Art des biologischen Verfahrens für die Abwässer von Manchester die vorteilhafteste ist: das Verfahren mit einem vorgeschalteten Faulbecken oder das Verfahren ohne ein solches:
2. ob die im Manchester-Abwasser enthaltenen Fabrikwässer imstande sind, den Reinigungseffekt des biologischen Verfahrens nach irgend welcher Richtung zu beeinträchtigen;
3. ob beim biologischen Verfahren der Zusatz von Chemikalien entbehrt werden kann;
4. ob und bis zu welchem Grade der beim biologischen Verfahren erhaltene Schlamm durch die Wirkung der Bakterien verflüssigt wird.

Diese unter Leitung der vorgenannten 3 Sachverständigen im Jahre 1900 begonnenen Versuche wurden in 5 verschiedenen Becken angestellt und erstreckten sich auf die Behandlung von Rohwasser in Absitzbecken mit nachfolgender Behandlung in Füllbecken mit einfacher, zweifacher und dreifacher Stufe, von nicht vorbehandeltem Rohwasser in einfacher, doppelter und dreifacher Stufe, von Rohwasser in offenen Faulbecken mit nachfolgender Behandlung in Füllbecken mit ein- bis dreifacher Stufe, von Rohwasser in geschlossenen Faulbecken mit nachfolgender Behandlung in Füllbecken mit einfacher Stufe und schliesslich auf die Behandlung von durch Regenwasser verdünntem Rohwasser (Mischwasser). Ausser diesen Versuchen wurden noch seitens der Sachverständigen zwei von Roscoe im Jahre 1895 errichtete biologische Versuchskörper[1], die mit chemisch vorbehandeltem Wasser seit dieser Zeit betrieben wurden, weiter geprüft. Die seitens der Sachverständigen angestellten Versuche führten zu folgenden allgemeinen Ergebnissen (bezüglich der Ergebnisse über die anderen, vorstehend aufgeführten Punkte sei auf die späteren Ausführungen verwiesen):

1. Das biologische Verfahren ist für die Manchester-Abwässer die beste Reinigungsmethode.

2. Die Reinigung nach diesem Verfahren erfolgt am zweckmässigsten in folgenden drei Phasen:

---

1) Bezüglich des Aufbaus etc. dieser Körper s. S. 92.

Digitized by Google

a) Entfernung der gröbsten festen Bestandteile durch Gitter- und Sandfänge;

b) Behandlung in Faulbecken;

c) Behandlung in Füllbecken in zweifacher Stufe; für die Becken der zweiten Stufe genügt eine bedeutend geringere, etwa nur $1/4$ so grosse Fläche wie für die der ersten Stufe.

Entwurf für eine neue Anlage.

Das hiernach aufgestellte Erweiterungsprojekt sah folgende Einrichtungen, die alle in Davyhulme geschaffen werden sollten, vor:

1. Vier weitere zur Abscheidung der gröbsten Schwebestoffe dienende Faulbecken,
2. 19,4 ha Füllkörper oberer Stufe,
3. 4,8 ha Füllkörper unterer Stufe,
4. 10 ha Filterfläche zur Behandlung des Sturmwassers.

Dieses Projekt hat auch nach Erstattung eines Ergänzungsgutachtens seitens der vorgenannten Sachverständigenkommission die Genehmigung des Local Government Board nicht gefunden. Die Aufsichtsbehörde verlangte entsprechend den auf Seite 20 bis 22 dieses Berichtes niedergelegten Bestimmungen die Behandlung der 6fachen Menge des Trockenwetterabflusses und zwar bis zur 3 fachen Menge (Dünnwasser) in normalem Betriebe durch zweistufige Füllkörper und der 4 bis 6 fachen Menge (Sturmwasser) in besonderen Sturmwasserfiltern; das Board verlangte ferner die Nachbehandlung des in den Füllkörpern biologisch behandelten Abwassers auf Land. Als Grundlage für die zu behandelnde Schmutzwassermenge, d. h. als Trockenwetterabfluss sollte der tägliche Wasserverbrauch (rund 95 000 cbm) zu Grunde gelegt werden. Die Stadtverwaltung beschloss Ende 1900 die vorhandenen Werke den Vorschriften des Local Government Board entsprechend umzubauen. Man ist seit dem Jahre 1901 dabei, die neuen Werke zu errichten: dieselben sind zum Teil fertiggestellt und der fertige Teil wird nach seiner Fertigstellung sofort in Betrieb genommen.

Die neue Reinigungsanlage von Manchester.

Sandfang.

Die oben beschriebene Sandfanganlage (vergl. Blatt 16) ist bestehen geblieben. Der Zusatz der Chemikalien hört auf. Die vorhandenen Klärbecken werden nach Ergänzung durch 5 neue von derselben Grösse als offene Faulbecken benutzt: die 4 mittelsten Faulbecken dienen zur Reinigung des Sturmwassers, die übrigen 12 zur Reinigung des Dünnwassers. Das Abwasser wird also bei trockenem Wetter über 12, bei Regenwetter über 16 Faulbecken verteilt und

Faulbecken.

Digitized by Google

zwar möglichst gleichmässig; es durchströmt dieselben wie früher mit verlangsamter Geschwindigkeit. Der Schlamm, welcher in dem Rohwasser enthalten ist, fällt in den Becken zu Boden, die leichteren Massen schwimmen an der Oberfläche und bilden hier zeitweise eine mehrere Centimeter starke Haut; die Haut verschwindet und kommt später dann wieder. Worauf dieser Wechsel zurückzuführen ist, weiss man nicht; man vermutet, dass der Regen oder auch Winde dabei insofern eine Rolle spielen, als sie die Schwimmhaut zum Sinken bringen. Durch Erhöhen der Umfassungswände um 36 cm ist der Fassungsraum der 12 Faulbecken auf rund 70 000 cbm gebracht, während die vier mittleren für das Regenwasser bestimmten Becken nicht erhöht worden sind und ihren Fassungsraum von 20 000 cbm behalten haben.

Da die neue Anlage für die 6 fache Menge des Trockenwetterabflusses (95 000 cbm täglich) bemessen ist, so sind die 12 Faulbecken für die Behandlung von in maximo rund 280 000 cbm Dünnwasser (auf 1 cbm Dünnwasser 0,25 cbm Faulraum) und die Faulbecken für das Sturmwasser für rund 280 000 cbm Sturmwasser (auf 1 cbm Sturmwasser 0,07 cbm Beckeninhalt) projektiert.

Man erwartet, dass etwa 25 % von dem in den Faulbecken sich ausscheidenden Schlamm durch die Tätigkeit von anaëroben Bakterien verflüssigt werden wird. Die Beseitigung des Schlammes soll in der bisherigen Weise vermittelst des Schlammschiffes stattfinden.

Aus den Faulbecken gelangt das Wasser mit eigenem Gefälle in die erste Stufe der Füllbecken (vergl. Blatt 13, 14 und 17). Dies sind offene Becken, deren Sohle und deren Seitenwände aus Beton bestehen. Es sollen deren 92 hergestellt werden; jedes Becken hat bei etwa quadratischer Grundfläche eine Grösse von rund 2000 qm. Die Gesamtfläche der Füllbecken der ersten Stufe beläuft sich mithin auf rund 184 000 qm. Da die Körper in maximo täglich 280 000 cbm reinigen sollen, so kommen auf 1 qm rund 1,5 cbm Dünnwasser, und da die Körper 1 m tief sind, ebenso viel auf 1 cbm Füllmaterial, d. i. auf 1 cbm Dünnwasser 0,66 cbm Füllmaterial. Die gegenseitige Anordnung der Becken ist aus den Lageplänen Blatt 13 und 14, die Einzelheiten sind aus Blatt 17, Abb. 2 zu entnehmen. Die Sohle der Becken besteht an ihrer Oberfläche aus einzelnen Rücken, welche zur besseren Abführung des gereinigten Wassers dachförmig abfallen. An den tiefsten Stellen der Sohle sind in den Beton Rinnen eingeschnitten, welche zentral verlaufen und an dem in der Mitte der einen Beckenseite angeordneten gemeinsamen Aus-

Füllbecken der oberen Stufe.

Digitized by Google

mündungspunkt strahlenförmig zusammenkommen. Die Rinnen sind mit durchlöcherten Tonplatten überdeckt. Die Becken sind bis zu einer Tiefe von 1,0 m mit dem Material angefüllt, welches im wesentlichen aus Schlacken von Kesselrosten und in Ermangelung derselben aus Stücken von sonstigem festen Material besteht. Vor dem Einbau wird das Füllmaterial durch Sieben von den feinen Stoffen befreit. Das grobe Material, welches beim Einbauen in die Füllbecken auf der Schüttböschung herunterrollt und sich am Fuss der Böschung ansammelt, wird um die Entwässerungsrinnen herumgepackt. Auf diese Weise wird ein Füllmaterial gewonnen, dessen Korngrösse, abgesehen von einzelnen gröberen Stücken, zwischen 3 und 25 mm schwankt. Senkrecht über dem Auslass liegt der Einlass für den Abfluss aus den Faulbecken. Die Zuleitung des Wassers zu den einzelnen Beckensystemen und zu den einzelnen Becken selbst findet in offenen, aus Beton hergestellten Kanälen statt. Die Einlassschieber nach den einzelnen Becken, sowie die Auslassschieber werden mit der Hand bedient. Eingehende Versuche, welche mit verschiedenen Apparaten zum automatischen Oeffnen und Schliessen dieser Schieber angestellt worden sind, sind missglückt. Es hat sich bei mehrmonatlichem Gebrauch und Versuch herausgestellt, dass sich sowohl elektrisch wie hydraulisch betriebene Apparate, welche vom Maschinenhause aus kontrolliert werden konnten, nicht bewähren. Neben dem Zuführungskanal befindet sich ein aus Beton hergestelltes, halbkreisförmiges, etwa 10 bis 20 cm tiefes Becken, welches an seinem Rande einen Ueberfall hat. Um diesen Ueberfall herum ist in der Oberfläche des Füllmaterials eine beckenförmige Vertiefung gelassen, welche sich um das Betonbecken ringförmig herumlegt. Von diesem ringförmigen Becken gehen nach allen Richtungen hin strahlenförmige Rinnen aus (vergl. Blatt 17, Abb. 1 und 2), welche gleichfalls aus dem Füllmaterial herausgehoben sind. Der Aushub aus diesen und aus dem kreisförmig gestalteten Becken wird gleichmässig verteilt auf die an der Oberfläche verbleibenden Räume zwischen den Zuführungsrinnen. Die Rinnen selbst werden mit feinem Material ausgekleidet und aufgehöht, sodass ihre Sohle in gleicher Höhe liegt wie die sonstige Oberfläche der Füllkörper. Zu den Seiten der Rinnen werden gleichfalls aus feinem Material gebildete Ränder aufgeschüttet. Das Wasser tritt aus dem aus Beton hergestellten Einlassbecken in das ringförmige Becken und von diesem in die Rinnen und gelangt hier zur Versickerung. Die Luft tritt aus den Zwischenräumen zwischen den Rinnen in das Becken ein. Das Wasser wird durch das in den

Digitized by Google

Rinnen befindliche feinkörnige Material bis zu einem gewissen Grade filtriert und lässt einen grossen Teil seiner suspendierten Stoffe, welche infolge des Faulens innerhalb der Faulbecken einen körnigen (s. S. 93 unter 3) und wenig gefährlichen Charakter haben sollen, in den Rinnen zurück. Der hier abgefangene Schlamm wird zeitweise aus den Rinnen entfernt. Man hofft auf diese Weise die Füllkörper vor Verschlammung nach Möglichkeit zu schützen und auf Jahre hinaus der Notwendigkeit des Auswaschens des Materials, das verhältnismässig hohe Kosten erfordern würde, überhoben zu sein. Man rechnet im ungünstigen Falle damit, dass ein Auswaschen der Füllbecken der oberen Stufe höchstens alle 5 Jahre erforderlich sein wird. Das Füllmaterial selbst ist von einer solchen Festigkeit, dass man auf den dauernden Bestand desselben rechnet. Selbst wenn sich das Auswaschen des Materials als erforderlich herausstellen sollte, hofft man bei der Festigkeit des Materials darauf, dass der Verlust durch unvermeidliche Zerstückelung ein geringer sein wird. Das Material ist für einen Preis von 2,50 M. die Tonne frei Ort und Stelle geliefert worden.

Füllbecken der unteren Stufe.

Die Faulbecken, die Füllkörper der oberen Stufe, sowie die später noch zu besprechenden Sturmbecken werden in Davyhulme errichtet. Die Füllkörper der unteren Stufe, deren Errichtung in dem ersten Projekte gleichfalls für Davyhulme vorgesehen war, werden nach dem erweiterten Projekte in Carrington erbaut werden, woselbst auch die Landnachbehandlung des biologisch vorgereinigten Dünnwassers erfolgen soll. Die Füllbecken der zweiten Stufe (vergl. Blatt 15) erhalten genau die gleichen Einrichtungen wie diejenigen der ersten Stufe; es sollen deren 92 von je rund 2000 qm Fläche und 1 m Tiefe angeordnet werden. Auf 1 cbm des in der oberen Stufe vorbehandelten Dünnwassers entfallen mithin in maximo 0,66 qm Füllbeckenfläche und ebenso viele Kubikmeter Füllbeckenmaterial der unteren Stufe und, da die Füllbecken der oberen Stufe die gleiche Grösse haben, so kommen auf 1 cbm tägliches Dünnwasser insgesamt 1,32 qm Füllbeckenfläche (1,32 cbm Füllbeckenmaterial), d. i. auf 1 cbm der Gesamtmaterialmenge täglich in maximo 0,75 cbm Dünnwasser. Die Füllbecken der zweiten Stufe liegen von denjenigen der ersten Stufe etwa 4 km entfernt (vergl. Blatt 13). Die Verbindung wird durch einen am Ufer des Schiffahrtskanals laufenden, zum Teil offenen, zum Teil überdeckten Kanal hergestellt. Das Wasser fliesst in dem Kanal mit natürlichem Gefälle den Füll-

Digitized by Google

becken der zweiten Stufe zu. Bei den letztgenannten Füllbecken hat die Stadt Manchester Land erworben, auf welchem der Ausfluss aus den Füllbecken der zweiten Stufe durch intermittierende Filtration verrieselt werden kann. Die Gesamtrieselfläche hat eine Grösse von 40 ha und ist drainiert. Auf 1 ha entfallen mithin täglich in maximo 7000 cbm biologisch (in doppelten Füllbecken) vorbehandeltes Abwasser oder auf jedes Quadratmeter 0,7 cbm täglich; für 1 cbm Dünnwasser sind mithin 1,4 qm Landfläche vorhanden.

Behandlung auf Land.

Sturmwasserbecken.

Bei Regen sollen die vorstehend beschriebenen Anlagen, wie bereits erwähnt, genügen, das Mischwasser solange ordnungsmässig zu reinigen, bis es den dreifachen Betrag des Trockenwetterabflusses erreicht (Dünnwasser), d. h. bis zur Reinigungsanlage ausser dem Trockenwetterabfluss höchstens noch die doppelte Menge an Regenwasser der Reinigungsanlage zugeführt wird. Das Mehr an Wasser (Sturmwasser) wird nach Einschaltung der diesem Zwecke vorbehaltenen 4 Faulbecken auf besondere in Davyhulme errichtete Filter (Sturmwasserbecken) geleitet, deren Lage aus Blatt 13 und 14 und deren Einzelheiten aus Blatt 18 zu entnehmen sind. Um diese Becken für die Reinigung des Sturmwassers besser geeignet zu machen, werden sie auch in regenfreien Tagen in Betrieb gehalten. Durch die dauernde Inbetriebhaltung der Sturmwasserbecken mit relativ langen Lüftungsperioden sollen in dem Füllmaterial grosse Mengen von Nitraten aufgespeichert werden, welche die Reinigung des Sturmwassers günstig beeinflussen sollen. Es sollen im ganzen 32 Sturmwasserbecken hergestellt werden, von denen jedes etwa 4000 qm gross ist. Jedes Sturmbett ist bis zu einer Tiefe von 0,75 m mit ungesiebten Schlacken gefüllt. Die Gesamtfläche der Sturmwasserbecken beträgt rund 10,4 ha, die Gesamtmenge des Materials 78 000 cbm. Da die Körper für in maximo 280 000 cbm Sturmwasser täglich berechnet sind, so entfallen auf 1 qm Oberfläche in maximo 2,7 cbm Sturmwasser und auf 1 cbm Füllmaterial 3,6 cbm Sturmwasser. Man glaubt den Sturmwasserbetten aus dem Grunde eine so hohe Beanspruchung zumuten zu dürfen, weil sie überhaupt nur bei verhältnismässig starken Regenfällen so stark belastet werden, etwa 50 mal im Jahr, und während der übrigen Zeit sich erholen können.

Die Sturmwasserbecken haben aus Beton hergestellte Seitenwände; ihre Sohle ist jedoch nicht befestigt, sie besteht aus dem gewachsenen Erdboden. Auf der Sohle befindet sich ein System von überdeckten Rinnen zur Aufnahme des gereinigten Wassers (vergl.

Blatt 18). Diese überdeckten Rinnen münden senkrecht in die die Becken quer durchsetzenden gemauerten Hauptentwässerungsrinnen. Jede zweite der erstgenannten Rinnen ist am oberen Ende mit einem Rohr verbunden, welches senkrecht nach oben geführt ist und über dem Füllmaterial hervorragt. Diese Anordnung hat den Zweck, dem Füllmaterial von unten her Luft zuzuführen. Das Rohwasser tritt zunächst in ein aus Beton hergestelltes ringförmiges Becken und wird von diesem aus über die Oberfläche des Sturmwasserbeckens ohne Vermittelung von Rinnen, wie sie bei den Füllbecken der ersten und zweiten Stufe beschrieben sind, verteilt. Der Auslass, welcher mit der Hauptentwässerungsrinne in direkter Verbindung steht, wird von dem ringförmigen Einlass- und Verteilungsbecken umschlossen. Er mündet in den unterhalb des Zubringerkanals aus Beton hergestellten Ableitungskanal mit einem geschlossenen eisernen Rohr, an dessen vorderem Ende sich ein Schieber und daneben ein trompetenförmig ausgebildetes Ueberfallrohr befindet. Wird das Sturmwasserbecken als Füllbecken betrieben, so wird während der Dauer des Einlaufs der Schieber geschlossen. Die Becken werden bis zur Oberkante des Füllmaterials mit dem Wasser gefüllt und während der Periode des Auslaufs bei geöffnetem Schieber des Ausflussrohres entleert. Werden die Sturmwasserbecken zum Reinigen des Sturmwassers benutzt, so werden sie, wie die Filter bei der Wasserreinigung, im ununterbrochenen Strom betrieben. Zu dem Zweck bleibt der Schieber dauernd geschlossen. Das Wasser überstaut die Oberfläche des Füllmaterials um etwa 15 cm, ehe es über den oberen Rand des Ueberfallrohres in den Ableitungskanal zum Abfluss kommt, und bleibt in dieser Höhe bis zur Beendigung des Gebrauchs der Sturmwasserfilter stehen. Danach wird der Schieber geöffnet und der in dem Becken stehende Teil des Wassers in den Ableitungskanal entleert.

Die Gesamtfläche, welche die Reinigungsanlage in Anspruch nimmt, beträgt in Davyhulme 71,5 ha und in Flixton und Carrington 84 ha. Hiervon entfallen 4,3 ha auf die Faulbecken, 18,4 ha auf die Füllbecken der oberen Stufe, 18,4 ha auf die Füllbecken der unteren Stufe, 10,4 ha auf die Sturmwasserbecken und 40 ha auf die Rieselflächen. Der Rest entfällt auf Wege, Gebäude, Sandfang und auf die Werftanlage neben dem Schiffahrtskanal. Flächengrössen.

Der Betrieb der Gesamtanlage ist so gedacht, dass auch in regenfreier Zeit neben den 12 Faulbecken möglichst alle Füllbecken der beiden Stufen gleichmässig beschickt werden. Da 1 cbm Füll- Betrieb.

material in seinen Zwischenräumen etwa $^1/_3$ cbm Abwasser aufzunehmen vermag, so kann eine Wassermenge von etwa 61 000 cbm in den Füllbecken jeder Stufe gleichzeitig untergebracht werden. Die Menge des derzeitig vorhandenen Trockenwetterabflusses von 110000 cbm pro Tag erfordert also, dass die sämtlichen Becken täglich etwa 2 mal gefüllt werden müssen. Vermehrt sich bei Regenzeiten der Wasserzufluss auf 280 000 cbm, so müssen die Füllbecken mindestens täglich 4 mal, 60 % von ihnen sogar täglich 5 mal gefüllt werden. In nachstehender Tabelle sind die Grössenverhältnisse der Anlage auf den derzeitigen täglichen Trockenwetterabfluss, auf die im Mittel täglich gereinigte Abwassermenge sowie auf die grösste Dünnwassermenge nach dem definitiven Ausbau der Gesamtanlage zusammengestellt. Die für die Reinigung des Sturmwassers erforderlichen Filterflächen sind in der Tabelle nicht mit aufgeführt.

Tabelle 13.

Berechnet auf	Auf je 1 cbm Abwasser kommen				Es kommen cbm Abwasser auf			
	Inhalt an Faulbecken cbm	Gesamtkörpermaterial qm	Gesamtkörpermaterial cbm	Land qm	1 cbm Faulbeck.-inhalt	1 cbm Gesamtkörpermaterial	1 qm Gesamtkörpermaterial	1 qm Land
Derzeit. Trockenwetterabfl. (110000 cbm)	0,6	3.34	3,34	3.64	1,57	0.3	0,3	0,3
Abwassermenge nach dem derzeitig. Jahresdurchschnitt (155000 cbm)	0.45	2,37	2.37	2,58	2.14	0.42	0,42	0.4
Grösste Dünnwassermenge (280000 cbm)	0,25	1,32	1,32	1,4	4,0	0,75	0,75	0,7

Kosten. Die Kosten zur Herstellung der neuen Reinigungsanlage sind auf 10 Millionen Mark veranschlagt (17,73 M. pro Kopf der Bevölkerung) und die Betriebskosten mit Ausschluss der Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals auf etwa 0,8 Pf. pro Kubikmeter. Rechnet man zu den vorstehenden Herstellungskosten noch die für die alte Anlage aufgewendeten Kosten hinzu, so entfallen auf den Kopf der Bevölkerung 25,88 M. Nach den bisherigen Erfahrungen hat es sich gezeigt, dass die für die Errichtung der Erweiterungsanlagen angesetzte Bausumme (10 Millionen Mark) eher zu hoch als zu niedrig angenommen

ist und dass dieselbe als grösstmögliche Höhe der Baukosten angesehen werden kann.

Zur Zeit der Besichtigung waren 28 Füllbecken der ersten Stufe mit einer Gesamtoberfläche von 5,67 ha fertiggestellt und befanden sich im Betriebe; 24 Füllbecken mit einer Gesamtoberfläche von 4,86 ha befanden sich im Bau. Die Füllbecken werden bis zur definitiven Herstellung der Gesamtanlage 1 bis 2 mal täglich mit vorgefaultem Wasser aus den offenen Faulbecken beschickt. Das gereinigte Wasser wird bis zur Fertigstellung des Verbindungskanals zwischen Davyhulme und Carrington und der Füllbecken der unteren Stufe dem Schiffahrtskanal direkt zugeführt. Die bislang in den Füllkörpern der oberen Stufe pro Quadratmeter bezw. pro Kubikmeter erzielte durchschnittliche quantitative Leistung ist aus nachfolgender Tabelle, der zur Ergänzung die Betriebsergebnisse von Januar bis März 1903 beigefügt sind, ersichtlich:

Fortschritt im Bau der Füllbecken

Leistungsfähigkeit der Füllbecken.

Tabelle 14.

Datum	Täglich gereinigte Abwassermenge in cbm pro 1 qm Oberfläche	Täglich gereinigte Abwassermenge in cbm pro 1 cbm Material
1902 April bis Juni	—	—
„ Juli bis September	0,33	0,33
„ Oktober bis Dezember	0,40	0,40
1903 Januar bis März	0,44	0,44

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, ist, auf das Quadratmeter bezw. Kubikmeter Material berechnet, eine fortdauernde Steigerung der quantitativen Leistungsfähigkeit der Füllbecken erfolgt; dabei ist aber eine Verschlechterung des Reinigungseffektes nicht eingetreten. Diese Steigerung der quantitativen Leistungsfähigkeit ist auch aus nachstehender Tabelle 15, welche die Ergebnisse eines der am längsten in Betrieb befindlichen Füllbecken (No. 1) anzeigt, klar ersichtlich[1]).

Tabelle 15 zeigt auch die durch das Füllbecken erzielten Reinigungserfolge. Bei einer Leistung von 0,5 cbm Abwasser pro 1 cbm Körpermaterial beträgt z. B. nach den aufgeführten Zahlen (auf den Faulbeckenabfluss berechnet) im Mittel die Abnahme des Sauerstoffverbrauchs 60 %, die des Ammoniaks rund 41 % und die des Albu-

Reinigungserfolg in den Füllbecken.

1) Werte in mg pro Liter.

Tabelle 15.

Datum	Tägl. ger. Abwassermenge in cbm		Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe)		Ammoniak		Albuminoidammoniak	
	pro qm Material	pro cbm Material	Faulbeck.-abfluss	Abfl. aus Füllbecken No. 1	Faulbeck.-abfluss	Abfl. aus Füllbecken No. 1	Faulbeck.-abfluss	Abfl. aus Füllbecken No. 1
1901 April bis Sept.	0.26	0.26	—	—	—	—	—	—
„ Okt. bis Dezemb.	0.32	0.32	—	—	—	—	—	—
1902 Januar bis März	0.43	0.43	—	—	—	—	—	—
„ April bis Juni	0.5	0.5	85	34	37	23	4.9	2.6
„ Juli bis Sept.	0,52	0,52	80	32	35	21	3.9	2.1
„ Okt. bis Dezemb.	0.52	0.52	89	32	35	20	4.9	2.0

minoidammoniaks ca. 52 % (vergl. auch Anlage II bis IV zu 6e). Nitrate und Nitrite waren in den Abflüssen stets vorhanden. Die gereinigten Wässer hatten nicht in allen Fällen ihre Fäulnisfähigkeit verloren: die absoluten Werte für Sauerstoffverbrauch und Albuminoidammoniak lagen im Durchschnitt durchweg über dem vom Mersey and Irwell Committee aufgestellten Standard.

Die am Besichtigungstage von uns entnommene Probe (vergl. Anlage V zu 6e) war bei der Entnahme zwar ziemlich trübe (die Durchsichtigkeit betrug 7 cm), klärte sich aber nach einiger Zeit nahezu vollständig. Das bei der Entnahme schwach modrig riechende Wasser besass später einen leichten moorigen Geruch; es zeigte also keine Nachfaulung. Bezüglich der analytischen Werte vergl. die vorbezeichnete Anlage V. Der Sauerstoffverbrauch entspricht, wie die Tabelle zeigt, auch hier nicht ganz dem seitens der Aufsichtsbehörde aufgestellten Standard[1]).

Fortschritt im Bau der Sturmwasserbecken.

Von den Sturmwasserbecken waren am Besichtigungstage 15 Becken fertiggestellt und im Betriebe. Ihre Gesamtfläche betrug 5.1 ha. Sie werden bis zur definitiven Fertigstellung der Gesamtanlage teils mit chemisch vorbehandeltem Dünnwasser, und zwar einmal täglich, im Füllbeckenbetrieb oder mit mechanisch vorbehandeltem Sturmwasser bis zweimal täglich beschickt: in dem letzteren Falle teils nach Art der Füllbecken, teils in ununterbrochener Filtration. Das aus den Sturmwasserbecken abfliessende

1) Ermittelt nach Kubel 29,6 mg pro l; Standard des Mersey and Irwell Committee nach der Vierstundenprobe 14,3, nach Fuller = 28,6 mg O nach Kubel.

Digitized by Google

Wasser gelangt wie auch später direkt in den Vorfluter. Ihre tägliche durchschnittliche quantitative Leistungsfähigkeit betrug in der Zeit von Januar bis März 1903 für 1 qm Filterfläche 0,31 cbm Abwasser oder für 1 cbm Körpermaterial 0,41 cbm Abwasser.

Reinigungserfolg in den Sturmwasserbecken.

Der durch die Sturmwasserbecken erreichte Reinheitsgrad ist ein sehr weitgehender. Die absoluten Werte des in den Sturmwasserbecken behandelten Sturmwassers liegen sowohl beim Füllbeckenbetriebe wie auch bei kontinuierlicher Filtration des mechanisch vorbehandelten Sturmwassers meist unter den seitens des Mersey and Irwell Committee gegebenen Grenzwerten. Auch das chemisch vorbehandelte Dünnwasser wird in den Sturmwasserfiltern befriedigend gereinigt: die absoluten Werte entsprechen, wie aus nachstehenden Angaben hervorgeht, aber nicht immer dem Standard dieser Aufsichtsbehörde.

Wir sehen von einer auch nur teilweisen Wiedergabe des umfangreiche nenglischen Analysenmaterials hier ab; mitteilen wollen wir nur die bei chemischer Vorbehandlung des Dünnwassers und Nachbehandlung in den Sturmwasserbecken in der Zeit von Januar bis März 1903 bei oben mitgeteilter Belastung der Körper (No. 7 bis 15) sowie beim Füllbeckenbetriebe erzielten Reinigungseffekte: Abnahme des Sauerstoffverbrauchs (Vierstundenprobe) rund 77 %, Abnahme des Ammoniaks etwa 53 %, Abnahme des Albuminoidammoniaks 65 % (alle Werte auf das chemisch vorbehandelte Wasser berechnet). Die absoluten Werte der Sturmbeckenabflüsse waren in der genannten Betriebszeit im Durchschnitt die folgenden: Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 15,3 mg, Ammoniak 10,0 mg, Albuminoidammoniak 1,1 mg und Chlor 194 mg pro 1 Liter (vergl. Anlage III und IV zu 6a). Eine Nachfaulung des Wassers bei seiner Aufbewahrung war nach erfolgter Einarbeitung der Sturmwasserfilter nur selten noch zu beobachten.

Das zur Zeit unserer Besichtigung aus den Sturmwasserbecken ausfliessende, chemisch vorbehandelte Dünnwasser war vollständig klar, wasserhell, farblos und nahezu geruchlos; seine Durchsichtigkeit lag über 25 cm. Bei der Aufbewahrung der Probe war eine Veränderung des Wassers (eine Nachfaulung) nicht zu bemerken. Die frische Probe enthielt reichliche Mengen von Nitraten: Nitrite waren nur in geringer Menge vorhanden. Ammoniak fanden sich etwa 8,0 mg, organischer Stickstoff gleichfalls 8,0 mg; der Sauerstoffverbrauch (nach Kubel) betrug 15,7 mg pro Liter, entsprach also, unter Berücksichtigung der von Fuller an-

Digitized by Google

gegebenen Korrektur, dem Mersey and Irwell Committee-Standard (vergl. Anlage V zu 6a).

Die Füllbecken der zweiten Stufe, der Verbindungsgraben zwischen Davyhulme und Carrington, sowie die fünf weiteren Faulbecken waren zur Zeit der Besichtigung noch nicht hergestellt. Sechs der vorhandenen alten Klärbecken waren zu Faulbecken umgebaut[1].

Die Ergebnisse aus den Versuchsanlagen.

Ueber die Art der auf Veranlassung der Sachverständigenkommission ausgeführten Versuche und über die hierbei erlangten Ergebnisse ist in dem Vorstehenden ausführlich berichtet. Bezüglich der vorerwähnten beiden „Roscoefilter"[2] und der an diesen erzielten Reinigungseffekte sei auf Anlage III und IV zu 6b und c verwiesen. Ausser den vorerwähnten Versuchskörpern wurden in Manchester noch eine ganze Reihe anderer Systeme, deren Besprechung aber zu weit führen würde, so z. B. das „Septic tank"-Verfahren, das „Stoddart"-Verfahren, sowie das Tropfverfahren mit rotierenden Sprinklern eingehend geprüft. Ueber die an diesen Versuchsanlagen, sowie an den definitiv errichteten biologischen Körpern erlangten Ergebnisse und Beobachtungen hat der verdienstvolle chemische Leiter der Manchester Abwasseranlagen, Gilbert J. Fowler, auf dem Manchesterkongress des „Sanitary Institute" im Jahre 1902 ein kurzes, auf dem im September 1903 in Brüssel stattgehabten Hygienekongress ein ausführlicher gehaltenes Résumé vorgetragen. Aus diesem sei hier folgendes noch mitgeteilt:

Hinsichtlich der in Faulbecken sich abspielenden Vorgänge ergaben die Versuche folgendes:

1. In einem Faulbecken, in welchem sich das Manchester-Abwasser etwa $^1/_2$ Tag aufhält, werden 25 % der Gesamtmenge der suspendierten Stoffe oder etwa 50 % der organischen Stoffe teils in lösliche, teils in gasförmige Verbindungen übergeführt.

---

1) Nach dem Novemberberichte 1903 sind bislang 10,3 ha Füllbecken der oberen Stufe und 8,1 ha Sturmwasserbecken fertiggestellt; 34,6 % der gesamten Abwassermenge, d. i. 90 % des Trockenwetterabflusses, wurden im Monat Oktober in diesen Becken gereinigt.

2) Die beiden „Roscoefilter" besitzen eine Oberfläche von je rund 21 qm (3,8 : 5,5 m); sie sind 0,9 m hoch und schichtenweise von oben nach unten wie folgt aufgebaut. „Roscoe-Koks-Filter": 7,5 cm gewaschener Sand; 15,0 cm Koks von 3 bis 9 mm Korn; 15,0 cm Koks unter 19 mm Korn; 22,5 cm Koks unter 37,5 mm Korn; 30,0 grobkörnige Schlacke. „Roscoe-Schlacke-Filter" wie das Roscoe-Koks-Filter; nur an Stelle des Koks hat Schlacke Verwendung gefunden.

Digitized by Google

2. Die aus einem offenen oder geschlossenen Faulbecken stammenden Abflüsse zeigen gleiche Zusammensetzung.

3. Die suspendierten Stoffe, welche in Faulbeckenabflüssen enthalten sind, sind körnig, setzen sich leicht ab und bewirken beim Aufleiten dieser Abflüsse auf biologische Körper keine derartige Verschlammung der Oberfläche, dass der Versickerung des Wassers in den Körpern ernstliche Schwierigkeiten entgegenstehen.

4. Der in den Faulbecken erhaltene Schlamm stellt getrocknet eine faserige, torfähnliche Masse dar, welche etwa 8 bis 9 % Fettsubstanzen enthalten kann; bei einer versuchsweisen Vergasung des trockenen Schlammes wurden aus 1 Tonne Schlamm rund 150 cbm Gas erhalten.

5. Die in offenen oder geschlossenen Faulbecken sich bildenden Gase sind von gleicher Beschaffenheit; sie bestehen der Hauptsache nach aus Methan (CH_4), Wasserstoff (H), Kohlensäure (CO_2) und Stickstoff (N).

6. In den Faulbecken findet eine gute Vermischung der industriellen Abwässer mit den häuslichen Abwässern statt, sodass Abflüsse von gleichmässiger und deshalb gut zu reinigender Beschaffenheit erzielt werden.

In Betreff der Reinigung der Faulbeckenabflüsse in Füllbecken wurden folgende hauptsächliche Erfahrungen gesammelt:

Die Aufnahmefähigkeit der Füllkörper nimmt zu Anfang des Betriebes sehr rasch und ziemlich bedeutend ab; späterhin zeigt sich bei sorgfältigem Betriebe der Füllkörper eine viel geringere Abnahme der Aufnahmefähigkeit. Diese Abnahme lässt sich auf folgende Hauptursachen zurückzuführen:

1. Sackung des Materials; 2. Organismenwachstum; 3. ungleichmässige Drainage; 4. Eindringen unzersetzbarer oder langsam zersetzbarer Stoffe in den Füllkörper; 5. Verwitterung des Materials.

Ueber die Bedingungen für eine erfolgreiche Arbeit der Füllkörper macht Fowler nachstehende Angaben:

1. Die Füllkörper dürfen anfänglich nur wenig in Anspruch genommen werden, damit dem Material Gelegenheit gegeben wird sich zu sacken, und damit auf seiner Oberfläche die Bakterienbildung in normaler Weise eintreten kann. Bei dieser Betriebsart kann auch das Eindringen grösserer Mengen von Schwebestoffen in die biologischen Körper, d. h. deren Verschlammung, auf eine längere Zeit hinaus vermieden werden.

2. Eine stärkere (quantitative) Inanspruchnahme der biologischen

Körper darf erst dann erfolgen, wenn die Analyse entweder das Vorhandensein von gasförmigem Sauerstoff oder von Nitraten in den Abflüssen anzeigt.

3. Die Aufnahmefähigkeit der Füllbecken muss fortdauernd sorgfältig bestimmt werden; sobald eine grössere Abnahme derselben festgestellt ist, muss der biologische Körper einige Zeit lang ausser Betrieb gesetzt werden.

4. Längere Lüftungsperioden, besonders in der kälteren Jahreszeit, woselbst die Lebenstätigkeit der Organismen abnimmt, sind zu vermeiden; es ist statt dessen vorteilhafter, die Anzahl der täglichen Füllungen herabzusetzen.

5. Es empfiehlt sich, die ungelösten Stoffe auf der Oberfläche des Füllkörpers durch eine etwa 75 mm starke Lage feinen Materials zurückzuhalten.

6. Schlacke ist das billigste und wirksamste Füllkörpermaterial; die Korngrösse desselben darf nicht unter 3,2 mm liegen. Die Schlacke muss hart und von blasiger Beschaffenheit sein; poröser Koks, dessen feine Poren sich sehr leicht verstopfen, ist als Füllmaterial weniger geeignet.

Ueber die vergleichenden Versuche, welche mit dem Füll- und dem Tropfverfahren angestellt wurden, teilt Fowler mit, dass für das Abwasser von Manchester sowie bei den daselbst bestehenden örtlichen Verhältnissen das Füllverfahren vor dem Tropfverfahren den Vorzug verdient.

7. Salford.

Allgemeines über die Kanalisation von Salford.

Salford ist eine Vorstadt von Manchester und mit dieser so eng verwachsen, wie z. B. Charlottenburg und Schöneberg mit Berlin. Die Strassen, Plätze, öffentlichen Gebäude, Strassenbahnen unterscheiden sich in ihrem Aeusseren nicht von denen Manchesters. Auch die Vorflutverhältnisse liegen so wie bei Manchester, indem der Irwellfluss einen grossen Teil der Stadt durchströmt und der Schiffahrtskanal die aus der Reinigungsanlage ausfliessenden Abwässer aufzunehmen hat. Der Ort hat eine Bevölkerung von etwa 250 000 Einwohnern, welche alle an die Kanalisation angeschlossen sind. Das Entwässerungsgebiet hat eine Ausdehnung von 2275 ha. Der Wasserverbrauch beträgt 114 Liter für den Tag und Kopf der Bevölkerung. Die Wasserversorgung Salfords erfolgt von den Manchester Wasserwerken.

Digitized by Google

Der Ort ist nach dem Mischsystem entwässert, mit zahlreichen Notauslässen nach dem Irwellfluss. Die tief gelegenen Stadtteile (Salford im engeren Sinne) entwässern in einen kreisförmigen Hauptkanal, welcher einen Durchmesser von 2,5 m hat: die hoch gelegenen Stadtteile (Pendleton und Gildo) besitzen besondere Hauptkanäle von geringen Abmessungen. Der gesamte Trockenwetterabfluss, welcher zur Reinigungsanlage gelangt, beträgt im Durchschnitt 36 500 cbm in 24 Stunden (146 Liter pro Tag und Kopf der Bevölkerung); davon entfallen 80 % auf den tief gelegenen und der Rest auf die hoch gelegenen Kanäle. Der Trockenwetterabfluss besteht etwa zu 75 % aus Hauswasser und 25 % aus Fabrikwasser, welch' letzteres der Hauptsache nach aus Färbereien, Druckereien, Eisenwerken und Brauereien stammt. Das auf der Reinigungsanlage ankommende Wasser variiert von Stunde zu Stunde sowohl hinsichtlich seiner Farbe wie seiner ganzen Zusammensetzung. Besonders das von Pendleton kommende Wasser zeigt oftmals die verschiedensten, oft intensivsten Färbungen. Die Reaktion des Abwassers ist vorwiegend eine neutrale, manchmal aber auch eine deutlich sauere. Das Wasser ist meistens schon leicht angefault, wenn es auf der Reinigungsanlage ankommt. Carter Bell macht über die Zusammensetzung des Salforder Rohwassers folgende Angaben: Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) 140,0 bis 420,0; Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 45,0 bis 110,0 bis 130,0; Albuminoidammoniak 4,5 bis 6,0; Chlor 115,0 bis 230,0 mg pro 1 Liter. Den Notauslässen wird dasjenige Wasser, welches mehr als das Vierfache des Trockenwetterabflusses beträgt, zugeführt. Zur Reinigungsanlage gelangt also das Abwasser bis zu einer vierfachen Verdünnung. Durch den Hinzutritt des Regenwassers erhöht sich der mittlere tägliche, aus dem Jahresmittel der gereinigten Abwassermenge berechnete Zufluss auf der Reinigungsanlage auf 55 000 cbm, d. i. 220 Liter für den Tag und Kopf der Bevölkerung. Die Fabrikwässer werden den Kanalisationsleitungen unter ähnlichen Bedingungen wie in Manchester zugeführt.

Mischsystem.

Abflussmengen.

Fabrikwasser.

Beschaffenheit des Abwassers.

Die Reinigungsanlage liegt in unmittelbarer Nähe des Manchesterschiffahrtskanals und hat von dem Mittelpunkt des Entwässerungsgebiets eine Entfernung von etwa 3 km. Das Abwasser braucht etwa 2 Stunden Zeit, um vom Mittelpunkt zur Reinigungsanlage zu gelangen. Das Wasser aus dem hoch gelegenen Stadtgebiet gelangt mit eigenem Gefälle auf die Reinigungsanlage, während das Wasser aus dem tief gelegenen Kanal auf der Reinigungsanlage in einem be-

Zubringer.

Digitized by Google

sonderen Maschinenhaus etwa 9 m hoch gehoben werden muss (vergl. Lageplan Blatt 19 und 20). Die für das Heben dieses Wassers vorhandenen zwei Pumpen werden durch Dampfmaschinen (Vertikal-Verbundmaschinen) direkt angetrieben. Die Umdrehungszahl beträgt 17 in der Minute, jede Maschine besitzt 40 indizierte Pferdestärken. Die Pumpen sind Kolbenpumpen, deren Kolben nicht gedichtet sind. Da wegen der fehlenden Dichtung der Nutzeffekt sehr gering ist, wird beabsichtigt, sie demnächst durch drei Zentrifugalpumpen zu ersetzen. Die Pumpen sind so gross, dass sie den vierfachen Betrag des Trockenwetterabflusses des tiefgelegenen Kanals auf die Reinigungsanlage zu fördern vermögen.

Die alte Reinigungsanlage von Salford.

Gitter. Das Abwasser passiert auf der Reinigungsanlage je ein Gittersystem, mit welchem die groben Stoffe (Lappen, Papier, Stroh, Holz) zurückgehalten werden, und welches ähnlich wie in Manchester mit mechanisch bewegten Rechen gereinigt wird.

Chemische Zuschläge. Das bisherige Reinigungsverfahren (vergl. Blatt 19) beruht auf dem Zusatz von Chemikalien: zu Anfang Kalk allein, jetzt Kalk und Eisenvitriol. In dem Kalkhause wird der Kalk mit besonderen Maschinen mittels Zusatzes von Wasser zubereitet und dem Abwasser in einem Verhältnis von 170 g auf 1 cbm zugesetzt. Nachdem das Wasser in dem etwa 60 m langen offenen Hauptzuführungskanal sich mit dem Kalk innig vermischt hat, wird ihm eine heisse Lösung von Eisenvitriol — 85 g pro 1 cbm Abwasser — zugeführt. Unmittelbar dahinter gelangt es in die Klärbecken. Es sind 12 Klärbecken mit einem gesamten Fassungsvermögen von etwa 21 000 cbm (auf 1 cbm des Trockenwetterabflusses kommen mithin rund 0,6 cbm des Beckeninhalts) vorhanden, von denen je 6 zu beiden Seiten des offenen Hauptzuführungskanals liegen und eine hintereinander geschaltete Reihe bilden. Das Wasser wird dem obersten Becken jeder Reihe zugeführt und durchströmt die 6 hintereinander liegenden Klärbecken nacheinander. Aus dem letzten Klärbecken gelangt es direkt in den Schiffahrtskanal. Jedes Klärbecken ist etwa 24 m breit, 35 m lang und 2 m tief, hat gemauerte Seitenwände und Sohle und liegt mit seiner Ueberfallschwelle etwa 8 cm tiefer als das ihm in der Reihe voraufgehende. Der Klärbetrieb ist so eingerichtet, dass im allgemeinen nur eine Reihe im Betrieb ist, während aus der anderen Reihe der Schlamm entfernt wird. Zur bequemen Beseitigung des Schlammes

(Klärbecken. — Schlamm.)

Digitized by Google

hat die Sohle jedes Beckens in der Mitte eine nach einem Ende zu stark geneigte Rinne mit steilen, bis an die seitlichen Beckenwände reichenden Betonböschungen erhalten. Vor dem Ablassen des Schlammes aus den einzelnen Klärbecken wird das obere Wasser durch besondere Röhren abgeleitet und auf Land behandelt. Der zurückbleibende Schlamm wird aus den Becken mit Krücken herausgeschoben und gelangt von hier mit eigenem Gefälle in zwei offene Schlammsümpfe, von denen jeder mit einem Durchmesser von etwa 20 m kreisrund gestaltet ist. Der Boden der Schlammsümpfe hat nach dem Mittelpunkt zu ein starkes Gefälle, jeder Sumpf ist an den Rändern etwa 1 m und in der Mitte 2 m tief. An dem tiefsten Punkt zweigt ein Rohr ab, welches zu den Schlammpumpen führt. Diese befinden sich mit den Druckpumpen für das Abwasser des tief gelegenen Kanals in demselben Hause. Die Pumpen sind Kolbenpumpen, welche von Dampfmaschinen direkt angetrieben werden, sie saugen den flüssigen Schlamm aus den Schlammgruben an und pumpen ihn in ein 600 Tonnen Schlamm fassendes Tankschiff, welches im Manchester Schiffahrtskanal neben der Reinigungsanlage anlegt. Bisher wurden jährlich etwa 100 000 Tonnen Schlamm gewonnen (pro 1 cbm der täglich durchschnittlich gereinigten Abwassermenge etwa 5,8 Liter flüssiger Klärschlamm) mit einem Wassergehalte von 90,8 %. Das Dampfschiff macht etwa 5 Reisen in jeder Woche. Die Transportkosten berechnen sich auf 67 Pf. pro Kubikmeter Schlamm.

Die vorstehend beschriebene Reinigungsanlage ist im Jahre 1883 mit einem Kostenaufwande von 2 360 000 M. fertiggestellt worden. In dieser Summe sind die Kosten des Grunderwerbs, der Gebäude, der Klärbecken, der Schlammverladevorrichtungen und des Tankschiffes (letzteres hat 300 000 M. gekostet) eingeschlossen. Die Betriebskosten auf der Reinigungsanlage haben sich mit Ausschluss der Verzinsung und Schuldentilgung auf jährlich etwa 60 000 M. gestellt; dazu kommen etwa 67 000 M. für die Beseitigung des Schlammes. Die Betriebskosten für die Reinigung 1 cbm Abwassers betrugen mithin 0,64 Pf. Kosten.

Die Versuche in Salford.

Wie in Manchester konnten auch in Salford durch die chemische Klärung die Abwässer nicht so weit gereinigt werden, dass bei ihrer Einleitung Missstände im Vorfluter nicht mehr auftraten, und Salford Missstände.

Digitized by Google

wurde genötigt, die Reinigungsanlage umzuändern. Bevor dies geschah, wurden wie in Manchester umfangreiche Versuche mit anderen geeigneten Verfahren gemacht — die ersten Versuche begannen schon im Jahre 1889, die Versuche mit dem biologischen Verfahren[1]) im Jahre 1893 — darunter befand sich auch ein Versuch mit dem elektrolytischen Verfahren nach Webster. Bei diesem Verfahren wurde das Abwasser ohne Vorbehandlung mit irgend welchen Chemikalien zwischen Eisenplatten, welche abwechselnd mit dem positiven und negativen Pol einer Dynamomaschine verbunden waren, hindurchgeschickt. Der hierbei erzielte Reinigungseffekt war ein recht bemerkenswerter. Das Wasser enthielt zwar zahlreiche Flocken, war aber nicht mehr fäulnisfähig. In Sedimentierbecken schieden sich die gröberen Schwebestoffe aus dem Wasser aus; die feinsten dieser Stoffe, hauptsächlich aus Eisenoxyd bestehend, konnten durch Sandfiltration entfernt werden. Als Durchschnittswerte für die Filterabflüsse werden angegeben: Suspendierte Stoffe 5,0; Sauerstoffverbrauch (Dreistundenprobe) 17,0; Ammoniak 12,0; Albuminoidammoniak 1,7 und Chlor 402,0 mg pro 1 Liter. Da dieses Verfahren nach vielen Richtungen hin vorteilhaft erschien, würde es vielleicht eingeführt worden sein, wenn die Unternehmerfirma imstande gewesen wäre, die von ihr versprochenen Garantien dem Orte Salford gegenüber durch Hinterlegung der erforderlichen Geldmittel zu sichern. Die Unternehmer hatten sich erboten, die Reinigung des Abwassers nach ihrem Verfahren auf die Dauer von 20 Jahren zum Preise von $1^1/_3$ Pf. pro Kubikmeter zu übernehmen.

Elektrolytisches Verfahren.

Die Frage einer etwaigen Reinigung der Abwässer durch Landberieselung wurde nicht in Berücksichtigung gezogen, da man annahm, dass die Rieselei in Gegenden mit dichter Bevölkerung nicht so wirtschaftlich und billig sei wie die Reinigung in Becken und Filtern. Von den biologischen Verfahren prüfte man im allgemeinen nur das Tropfverfahren, von der Ansicht ausgehend, das Füllverfahren sei unlogisch und nicht so leistungsfähig wie das Tropfverfahren. Auch fand nur solches Wasser, welches chemisch und zwar meistens mit Kalk und Eisenvitriol vorbehandelt und in Klärbecken von einem grossen Teil seines Schlammes befreit worden war, bei diesen Versuchen Verwendung. In Absitz- oder Faulbecken vorbehandeltes

Rieselei.

Füllverfahren.

1) Salford gehört zu den Orten, woselbst — unter Corbett's sorgfältiger Leitung — zuerst das Tropfverfahren geprüft wurde.

Wasser wurde, soweit wir dies aus der uns zugänglichen Literatur ersehen können, in Betreff seiner Reinigungsfähigkeit durch das biologische Verfahren nicht geprüft.

Hinsichtlich der angestellten Versuche und der hierbei erlangten Ergebnisse sei im Einzelnen folgendes mitgeteilt:

Internationales Tropfverfahren.

Der sogenannte „Internationale Prozess" (das Candy'sche Tropfverfahren), welcher Ferrozone[1]) als chemisches, niederschlagendes und Polarite[2]) als filtrierendes Mittel benutzt, wurde zu drei verschiedenen Malen eingehend geprüft. Es wurde hierbei gefunden, dass bessere Resultate erzielt werden können mit billigen Materialien, nämlich mit Kies, Schlacken, Koksgrus oder gebrannten Ziegelstücken. Nach einem 12 monatlichen Verlauf zeigte es sich, dass von den vorgenannten Materialien Schlacke wieder die besten Resultate ergeben hatte.

Verteilung des Wassers auf die Tropfkörper.

In Bezug auf die Wasserverteilung über die Tropfkörper wurden zahlreiche Versuche angestellt. Das Wasser wurde in Rinnen, welche auf die Oberfläche gelegt wurden, auf die 1,5 m tiefen Körper geleitet. Zur gleichmässigen Verteilung des Wassers wurde die Oberfläche der Tropfkörper mit einer Schicht aus feinem Sand von 10 cm Stärke versehen. Der Reinigungseffekt war ein durchaus befriedigender. Bei einer täglichen Belastung von 2,8 cbm pro qm Tropfkörperfläche zeigten die Abflüsse folgende durchschnittliche Zusammensetzung: Suspendierte Stoffe 0; Ammoniak 12,9; Albuminoidammoniak 1,3 mg pro 1 Liter. Aber der Sand verschlammte sehr bald und musste fast jeden Monat erneuert werden. Die Rinnen wurden sodann etwa 30 cm höher als die Oberfläche des Tropfkörpers gelegt und mit feinen Löchern und Tropfstiften versehen. Da die Rinnen verhältnismässig nahe an einander lagen, so wurde dadurch die Möglichkeit genommen, die Oberfläche aufharken zu können, was sich als notwendig herausstellte, um einen guten Reinigungseffekt zu erzielen.

Versuche mit feststehenden Sprinklern, welche in einer Höhe von 30 cm über der Oberfläche angebracht waren und aus welchen das Wasser mit einem Ueberdruck von etwa 1 m herausspritzte, fielen nach allen Richtungen hin am günstigsten aus. Obwohl die Löcher in den Sprinklerröhren nach oben gerichtet und beim ersten Versuch zur Verteilung des Strahls mit je einer horizontalen Metallscheibe versehen waren, gegen welche das Wasser gespritzt wurde, war die Beschickung

---

1) Vergl. Beschreibung von Hendon S. 59.

2) Vergl. Beschreibung von Wealdstone S. 66.

insofern doch unvollkommen, als eine geringe Quantität von Wasser von den Röhren abtropfte und auf der Oberfläche des Körpers Löcher ausspülte. Ein zweiter Versuch, bei welchem zwei mit ihren Ausmündungen gegeneinander gerichtete Ausflussöffnungen in dem Sprinklerrohr angebracht waren, war schon besser, verhinderte aber auch nicht das Abtropfen. Schliesslich wurden Mundstücke konstruiert, in welchen das Wasser eine wirbelnde Bewegung erhielt (vergl. Blatt 21 Abb. 2). Durch diese Mundstücke wird das Wasser sehr fein verteilt und bestreicht sprühregenartig eine kreisförmige Fläche von etwa 1,2 m Durchmesser. Obgleich es sich bald herausstellte, dass diese Mundstücke schwerer zu reinigen waren als die einfachen Ausflussöffnungen, wurden sie doch für die Ausführung bestimmt. Im übrigen zeigten alle Versuche, dass der Zusatz von Kalk zu dem Abwasser das Sprinklerverfahren insofern ungünstig beeinflusste, als sich der Kalk an den Rändern der Mundstücke fest ansetzte, wodurch die Reinigung der Mundstücke umständlich und kostspielig wurde.

Höhe der Tropfkörper.

Bei den Versuchen wurden 1,5 und 2,5 m hohe Tropfkörper benutzt und einige mit einer Luftschicht, andere mit zwei und noch andere mit drei übereinander gelegenen Luftschichten versehen, jedoch wurden die besten Resultate von Körpern erhalten, welche überhaupt keine Luftschichten enthielten. Die Höhe der Körper beeinflusste den Reinigungseffekt insofern nicht, als der 1,5 m hohe Körper im grossen und ganzen nicht schlechter und nicht besser wirkte als der 2,5 m hohe (vergl. Anlage I, II und III zu 7b und c).

Die Tropfkörper wurden anfangs mit 2,8 cbm pro qm (d. i. für den 1,5 m hohen Tropfkörper 1,8 cbm Abwasser pro 1 cbm Material und für den 2,5 m hohen Körper 1,1 cbm Abwasser pro 1 cbm Material) jeden Tag 12 Stunden lang beschickt und ruhten darauf 12 Stunden. Das Wasser war tadellos gereinigt. Die folgende Tabelle gibt hierüber Aufschluss.

Tabelle 16.

mg pro 1 l	Rohwasser	Klärbeckenabfluss	Grobfilterabfluss	Abfluss aus dem 1,5 m tiefen Tropfkörp.	Abfluss aus dem 2,5 m tiefen Tropfkörp.
Suspendierte Stoffe	280,0	40,0	20,0	0	0
Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe)	58,0	42,0	40,0	6,5	5,5
Ammoniak	24,0	20,0	20,0	6,4	6,0
Albuminoidammoniak	6,2	5,5	5,2	2,5	2,0
Chlor	160,0	160,0	160,0	150,0	150,0

Darauf wurde die Wassermenge auf 7,8 cbm erhöht. Der Reinigungseffekt wurde hierbei geringer und ging unter die von dem zuständigen Conservancy Board aufgestellten Normen. Ein ganzes Jahr lang wurden die Tropfkörper mit 5,6 cbm pro qm jeden Tag 23 Stunden lang beschickt; sie ruhten darauf 1 Stunde lang. Die Reinigungsresultate waren ebenso gute wie bei einer täglichen Beschickung von nur 2,8 cbm pro qm. In dem Graben, in welchem das gereinigte Wasser zum Abfluss gelangte, entwickelten sich hellgrüne Algen, welche als ein Zeichen gut gereinigten Wassers betrachtet werden.

Bei den Versuchen stellte sich ferner heraus, dass der Reinigungseffekt in den Tropfkörpern von der in den Klärbecken vorhandenen Schlammmenge abhängig war. Je mehr Schlamm in den Klärbecken vorhanden war, eine desto schlechtere Beschaffenheit hatte der Abfluss. Man führte das auf die beim Faulen des Schlammes erzeugten Gasblasen zurück, welche beim Aufsteigen nach den oberen Wasserschichten der Klärbecken Schlamm mitreissen, sowie darauf, dass der Rauminhalt der Klärbecken durch die beim lange andauernden Betrieb jedes Beckens vermehrte Schlammmenge verringert wurde. Man schloss daher, dass es am besten sei, den Schlamm aus den Klärbecken täglich zu entfernen und zwar möglichst ohne Unterbrechung des Betriebes der Klärbecken. Bei den Versuchen wurden die vorhandenen Klärbecken einzeln oder in verschiedener Anzahl hintereinander geschaltet benutzt; es wurden sogar bei einem Versuch alle 12 vorhandenen Becken hintereinander geschaltet. Es stellte sich aber heraus, dass es gleichgiltig war, ob die Becken einzeln oder hintereinander geschaltet benutzt wurden. Einfluss des Schlammes in den Klärbecken auf den Reinigungserfolg.

Durch zahlreiche Versuche, bei denen die verschiedenartigsten Chemikalien in über 20 Kombinationen geprüft wurden, wurde festgestellt, dass für das Salforder Abwasser Kalk und Eisensalze (Eisenvitriol oder Eisenchlorid) als die besten und billigsten Fällungsmittel anzusehen sind. Chemische Zuschläge.

Die neue Reinigungsanlage von Salford.

Nach Beendigung der Versuche entschloss man sich dazu, die vorhandenen Anlagen wie folgt abzuändern und zu ergänzen (vergl. Blatt 20 und 21). Zwei von den vorhandenen 12 Klärbecken, und zwar das unterste jeder Reihe, werden als Grobfilter benutzt, die übrigen 5 Becken jeder Reihe werden durch Entfernung der Scheidewände zu je einem einzigen Becken mit horizontaler Sohle umge- Klärbecken.

Digitized by Google

wandelt. Auf 1 cbm des täglichen Trockenwetterabflusses kommen dann noch 0,4 cbm Beckeninhalt (früher 0,6 cbm). Das Wasser fliesst nach dem Zusatz des Kalks in den auf etwa 4 m vertieften, 60 m langen Kanal, in welchem die schweren Massen (Kies, Sand, Kaffeegrund, Kohlen u. s. w.) abgefangen werden, und wird nach Zusatz der Eisenvitriollösung auf die beiden Klärbecken gleichmässig verteilt.

Schlamm. Der auf dem Boden sich ansammelnde Schlamm soll aus den beiden Klärbecken durch eine besondere Vorrichtung ohne Unterbrechung des Betriebes täglich entfernt und den beiden vorhandenen Schlammsümpfen zugeleitet werden. Die Entfernung des Schlammes soll durch einen horizontal über der Sohle befindlichen Trichter bewirkt werden, welcher an einem auf der Oberfläche schwimmenden Floss befestigt ist. Der Trichter ist mit einer biegsamen Röhre versehen, welche in die nach dem Schlammsumpf führende Röhre mündet. Der Trichter wird mit Hilfe des Flosses über die gesamte Beckenfläche hinweggefahren, und der Schlamm fliesst bei geöffnetem Schieber durch die biegsame Röhre nach dem Schlammsumpf. Zur Zeit der Besichtigung war dieser Apparat noch nicht eingebaut; es steht noch dahin, ob er überhaupt zur Einführung gelangen wird.

Grobfilter. Aus den Klärbecken gelangt das Wasser in ununterbrochenem Strom in die Grobfilter, sechs an der Zahl. Zur Herstellung dieser sind, wie bereits erwähnt, zwei von den ursprünglich vorhandenen Klärbecken benutzt worden. Ihre Gesamtoberfläche beläuft sich auf 7000 qm, d. i. pro 1 cbm des täglichen Trockenwetterabflusses 0,19 qm Filterfläche. Die Grobfilter sind bis zur Tiefe von 0,9 m mit Kieselsteinen von Taubeneigrösse (30 bis 50 mm) gefüllt. Das einströmende Wasser überstaut die Oberfläche der Grobfilter um etwa 1,5 m und durchströmt die Grobfilter in vertikaler Richtung nach unten. Der besondere Zweck dieser Filter ist, gröbere Schwimmkörper abzufangen, weil diese die Oberfläche der nachfolgenden Tropfkörper, namentlich aber die Verteilungsmundstücke verstopfen würden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass nicht allein die vorgenannten Stoffe, sondern eine grosse Menge Schlamm, und zwar bis 75 % der in den Klärbeckenabflüssen enthaltenen suspendierten Stoffe in den Grobfiltern zurückgehalten werden. Man muss daher die Grobfilter sehr häufig reinigen. Ein Versuch, den Schlamm u. s. w. auszuwaschen, indem man einen Wasserstrom in umgekehrter Richtung durch das Filter leitete, misslang. Es erwies sich vielmehr erforderlich, die Kiesmassen trocken zu legen und mit Wasser abzuspülen. Dies geschieht zur Zeit mit

Digitized by Google

der Hand: man schaufelt nach der Entleerung des Grobfilters den Kies um und lässt auf ihn hierbei einen Wasserstrahl einwirken. Eine solche Reinigung kann zur Zeit nur etwa alle 4 Monate wiederholt werden, weil es nicht möglich ist, mehr als ein Grobfilter gleichzeitig auszuschalten, die Reinigung jedes Filters aber 3 Wochen in Anspruch nimmt. Während dieser Zeit werden die Grobfilter aber so stark verschlammt, dass sie nicht mehr wirken. Sollen die Grobfilter überhaupt in Benutzung bleiben, so müssen sie, wie sich aus siebenmonatlichen Betriebsversuchen ergeben hat, zwei- bis dreimal die Woche gereinigt werden. Man will daher die Reinigung auf mechanischem Wege mittels Hebewerke oder Baggermaschinen bewirken, sobald die beantragte Genehmigung dazu erteilt ist.

Die Wirkung der Grobfilter ist der Hauptsache nach eine mechanische. Die in den Klärbeckenabflüssen enthaltenen gelösten Stoffe werden so gut wie garnicht beeinflusst (vergl. Tabelle 16 auf S. 100).

Von den Grobfiltern gelangt das Wasser mit eigenem Gefälle auf die Tropfkörper („aerating filters"). Diese bilden ein einziges quadratisches Becken, welches eine Flächengrösse von 22 000 qm hat und dessen Sohle und Wände aus wasserdichtem Mauerwerk hergestellt sind (vergl. Bl. 21). Die Sohle enthält 15 parallel gelegene, begehbare, 1,2 m hohe Hauptentwässerungskanäle, welche 10 m von einander entfernt liegen. In diese münden die quer gerichteten, aus eigens geformten Tonstücken hergestellten Drainröhren. Die Hauptentwässerungskanäle durchbrechen an ihrem unteren Ende die Umfassungswand des Beckens und münden in einen daneben befindlichen gemauerten Kanal ein. Ueber jeder Einmündungsstelle ist ein oben offener Schacht errichtet. Durch diese Schächte kann die Luft in die Drainage und von dieser in die Tropfkörper gelangen. Bevor das gereinigte Wasser in den Schifffahrtskanal geleitet wird, gelangt es in eine nach oben hin trichterförmig erweiterte, oben offene Kammer und fliesst hier über ein Ueberfallwehr. Schaum, welcher sich an dieser Stelle auf dem Wasser ansammelt, wird von Zeit zu Zeit mit Handbetrieb abgeschöpft. Tropfkörper.

Das Füllmaterial der Tropfkörper besteht aus Schlacken von Kesselrosten, welche gesiebt sind und eine Korngrösse von 5 bis 20 mm haben. Die Schlacke wird in den benachbarten Fabriken aufgekauft. Das Kubikmeter kostet fertig eingebaut 4,50 Mk.

Man hofft, auf den Tropfkörpern bis zu 2,2 cbm Wasser pro

Digitized by Google

Quadratmeter Tropfkörperoberfläche dauernd täglich reinigen zu können, bei Regenwetter bis zu 5 cbm, sodass man bei solchem Wetter den dreifachen Trockenwetterabfluss — etwa 110 000 cbm im Tag — würde reinigen können. Da die Körper 2,4 m tief hergestellt werden, so haben sie bei Trockenwetter 0.67 cbm Abwasser, bei Regenwetter bis 2,0 cbm Abwasser pro 1 cbm Tropfkörpermaterial täglich zu reinigen. Zur Zeit (Januar 1904) ist der grösste Teil der Körper nur 1.5 m hoch aufgeschüttet, und man reinigt täglich die Hälfte des aus den Klärbecken kommenden Abwassers; auf das Kubikmeter Tropfkörper kommen derzeitig täglich mithin 0,55 cbm Abwasser bei Trockenwetter und 1,5 cbm in maximo bei Regenwetter.

Verteilung auf die Tropfkörper.

Den Tropfkörpern wird das Wasser aus den Grobfiltern mit unterirdischen Röhren zugeführt. In dem Tropfbecken sind die Zuführungsleitungen auf den vorstehend genannten Hauptentwässerungskanälen gelagert. In Entfernungen von je 3.0 m zweigen innerhalb der Tropfbecken von den Zuführungsröhren 10 cm starke, lotrecht stehende Röhren ab: sie reichen bis etwa 0,8 m über die Oberfläche der Tropfkörper und sind hier mit den horizontalen, quer zu den Zuführungsröhren gerichteten, 10 cm starken Sprinklerröhren verbunden. Zur Unterstützung der Sprinklerröhren an ihren Enden sind auf den Hauptentwässerungskanälen vertikal stehende gusseiserne Säulen aufgelagert, welche über der Oberfläche der Tropfkörper in der Richtung der Hauptentwässerungskanäle durch eine eiserne Konstruktion mit einander verbunden sind. Diese Konstruktion dient zur Versteifung des ganzen Röhrensystems und ausserdem zur Auflagerung von Laufbrettern, welche die Zugänglichkeit des Tropfbeckens an allen Punkten ermöglichen. Die Füsse der vertikalen Ständer dienen gleichzeitig zur Auflagerung der Zuleitungsröhren. Die Sprinklerröhren bilden also ein System von Parallelröhren quer über der ganzen Fläche des Tropfbeckens in Entfernungen von etwa je 3,0 m. Da jedes Zuführungsrohr vor dem Eintritt in das Tropfbecken mit einem Schieber abgeschlossen werden kann, so kann man beliebige Teile des Tropfbeckens ein- und ausschalten. In den Sprinklerröhren befinden sich in Entfernungen von etwa je 2,0 m die bereits erwähnten, auf Blatt 21 Abb. 2 gezeichneten, messingnen Mundstücke, welche mit einer Mundöffnung von etwa 8 mm Durchmesser versehen sind. Da die Sprinklerröhren unter einem inneren Wasserdruck von etwa 2 m stehen, so wird aus den Mundstücken ein Wasserstrahl auf eine Höhe von etwa 1 m geschleudert. Der

Wasserstrahl zerstäubt schirmförmig und löst sich in einzelne Tropfen auf, welche auf das Tropfbett herunterfallen. Auf diese Weise wird eine verhältnismässig gleichmässige Verteilung des Wassers über die gesamte Oberfläche erzielt.

Die Dauer des Aufenthalts des Wassers in dem Tropfkörper, also die Durchflussdauer durch den Tropfkörper hindurch, soll etwa 25 bis 28 Minuten betragen.

Auf den Laufstegen sind Laufschienen angeordnet; auf diesen sollen Maschinen bewegt werden, mit welchen die Oberfläche der Tropfbecken ununterbrochen aufgerauht werden kann. Die Maschinen sind noch nicht zur Stelle.

Die vorstehend beschriebene Anlage ist seit dem Jahre 1901 im Betriebe. Der Betrieb des Tropfbeckens ist bei trockenem Wetter so geregelt, dass die eine Hälfte am Tage, die andere Hälfte in der Nacht beschickt wird, sodass jede Hälfte nach 12 stündigem Betriebe eine 12 stündige Ruhepause hat. Betrieb.

Man setzt übrigens bei dem neuen Verfahren erheblich weniger Chemikalien dem Wasser zu als bei dem früheren Verfahren, nämlich 85 g Kalk und 43 g Eisenvitriol auf das Kubikmeter Wasser. Chemische Zuschläge.

Nach Carter Bell's Angaben finden sich in den Abflüssen aus den Tropfkörpern nur selten noch suspendierte Stoffe; die Abflüsse sind stets klar, wasserhell und von neutraler Reaktion; irgend eine Färbung fehlt denselben vollständig; die Fäulnisfähigkeit ist dem Wasser vollständig genommen. Der Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) schwankt zwischen 3,0 und 6,0, und das Albuminoidammoniak zwischen 0.8 bis 1,5 mg pro 1 Liter. Reinigungserfolg.

Nach dem Dezemberberichte von 1903 werden durch die Tropfkörperanlage bei einer täglichen Belastung von 0,55 cbm Abwasser pro 1 cbm Material folgende Reinigungseffekte (vergl. Tabelle 17), welche nach Corbett's Angabe ein gutes durchschnittliches Bild geben, erzielt:

Tabelle 17.

mg pro 1 l	Rohwasser	Grobfilterabfluss	Tropfkörperabfl.
Suspendierte Stoffe . (Gesamtmenge)	443,0	14.3	0
Sauerstoffverbrauch . (Vierstundenprobe)	37.2	32.9	4.0

Digitized by Google

Hiernach beträgt die Abnahme der Oxydierbarkeit (Tropfkörperabfluss auf Rohwasser bezogen) zur Zeit 89,2 %.

Bei unserer Besichtigung befanden sich die Tropfkörper nicht im Betriebe: sie wurden erst für die Zwecke der Besichtigung in Betrieb gesetzt. Die von uns entnommene Probe wurde aus dem mit dem Ueberfall versehenen Schacht geschöpft. Dieselbe (vergl. Anlage V zu 7d) war vollständig klar, wasserhell, farblos und nahezu geruchlos. Die Durchsichtigkeit lag über 25 cm. Bei der Aufbewahrung schied sich nach einigen Tagen ein unbedeutender Niederschlag auf dem Boden der Entnahmeflasche ab. Das Wasser behielt im übrigen seine Eigenschaften bei; eine Nachfaulung war nicht eingetreten. Die analytische Prüfung der frischen Probe ergab 0,6 mg Ammoniakstickstoff, 15,7 mg organischen Stickstoff und einen Kaliumpermanganatverbrauch von 49 mg pro 1 Liter. Nitrate waren in reichlicher, Nitrite in nur geringer Menge nachweisbar. Der Chlorgehalt wurde zu etwa 140,0 mg pro Liter ermittelt.

Kosten. Die Umänderung der alten Reinigungsanlage in die neue wird, wenn die noch fehlenden Reinigungsmaschinen für die Grobfilter und Tropfbecken angeschafft sein werden, etwa 1 600 000 M. kosten. Die Gesamtanlagekosten seit der Errichtung der Werke im Jahre 1883 bis jetzt belaufen sich mithin auf 3 960 000 M.; das sind bei 250 000 Einwohnern rund 16 M. pro Kopf der Bevölkerung.

Wie hoch sich die jährlichen Betriebskosten auf der neuen Anlage stellen werden, hat bei der Kürze der Betriebsdauer und mit Rücksicht darauf, dass die Anlage noch nicht vollständig ist, noch nicht festgestellt werden können. Man schätzt dieselben mit Ausschluss der Verzinsung und Tilgung aber jährlich wie folgt:

Chemikalien und Klärung	74 000 M.
Schlammbeseitigung	88 000 „
Bedienung u. Reinigung der Grobfilter u. Tropfbecken	63 000 „
zusammen	225 000 M.

d. i. 1,12 Pf. für das Kubikmeter Wasser.

Nach einer vor kurzem erhaltenen Mitteilung betragen die bis jetzt für 1 cbm Abwasser aufzuwendenden Kosten rund 1,6 Pf.

8. Swinton.

Allgemeines. Swinton ist eine Vorstadt von Salford und zählt 20 000 Einwohner, welche alle an die Kanalisation angeschlossen sind. In dem

Digitized by Google

Ort befindet sich eine verhältnismässig grosse Anzahl von Fabriken, namentlich von Färbereien, Bleichereien, Gerbereien und Wollwäschereien, durch welche das Abwasser sehr stark beeinflusst wird. Es sieht auf der Reinigungsanlage ausserordentlich verunreinigt aus und bildet vor den Gittern auf seiner Oberfläche einen festen, dicken Schaum. Je nach der Art des Betriebes in den Färbereien wird dem Abwasser verschiedene Farbe gegeben; sein Aussehen wechselt zwischen quittegelb, knallrot und dunkelgrau. Die Abflüsse aus den Bleichereien verleihen dem Abwasser nicht selten einen Chlorgeruch. Der Ort Swinton ist nach dem Mischsystem entwässert und enthält zwei Notauslässe, durch welche alles Wasser abgeführt wird, welches mehr als das Sechsfache des Trockenwetterabflusses beträgt. Die Vorflutverhältnisse sind nicht besonders gut; es steht für diese Zwecke nur ein kleiner Bach zur Verfügung, der für gewöhnlich sehr geringe Wassermengen an eigenem Wasser führt; er mündet etwa $2^1/_2$ km unterhalb von Swinton in den Manchester Schiffahrtskanal ein. In diesen Bach wird auch das auf der Reinigungsanlage behandelte Abwasser eingeleitet. Der Ort Swinton liegt auf einem welligen Gelände. Die Reinigungsanlage liegt ausserhalb des Ortes in einer Entfernung von etwa 1,5 km. Das Abwasser fliesst mit natürlichem Gefälle der Reinigungsanlage zu und gebraucht in dem Hauptzuführungskanal etwa 1 bis 2 Stunden, bevor es vom Mittelpunkt des Entwässerungsgebietes zur Reinigungsanlage gelangt. Der Trockenwetterabfluss beträgt etwa 2700 cbm in 24 Stunden, also ca. 136 Liter pro Tag und Kopf der Bevölkerung, davon entfallen auf das Fabrikwasser etwa 450 cbm, also etwa 17 %. Die pro Kopf und Tag verbrauchte Reinwassermenge beträgt 115 Liter.

Mischsystem.

Zubringer.

Die Reinigungsanlage liegt in der Mitte eines sanft nach dem Bach geneigten Abhanges (vergl. Blatt 22). An dem oberen Ende des Abhanges, aber noch innerhalb des Grundstücks der Reinigungsanlage, wird das Abwasser im offenen Kanal durch ein Gitter von seinen gröberen schwimmenden Bestandteilen befreit. Die Entfernung der abgefangenen Schwimmstoffe von dem Gitter geschieht mit Handbetrieb. Die Stoffe werden auf eine benachbarte, innerhalb der Reinigungsanlage belegene Landfläche gebracht und dort gemeinsam mit dem Schlamm behandelt, worüber weiter unten gesprochen werden wird.

Gitter.

Die frühere Reinigung des Wassers geschah (seit Oktober 1890) nach dem Ferrozone-Polarite-Verfahren. Diese Anlage ist verlassen,

Chemische Zuschläge.

Digitized by Google

und unter Benutzung der vorhandenen Klärbecken hat man eine neue Anlage geschaffen, welche wie in Salford die Vorbehandlung des Wassers mit Chemikalien — nämlich mit Kalk und Eisenvitriol — beibehalten hat. In dem Mischhause sind die Maschinen für die Zubereitung der Chemikalien untergebracht. Diese Maschinen sind mit einem Wasserrad verbunden, welches von dem Ueberdruck des Abwassers selbst angetrieben wird. Zu diesem Zweck ist eine besondere Weckleitung von dem Hauptzubringer unmittelbar unterhalb der Gitteranlage abgezweigt und auf das Wasserrad geführt. Die Zubereitung der Chemikalien im Mischhause geschieht mittels des Abwassers selbst und erfordert einen Abwasserverbrauch von etwa 3 cbm für den Tag. Der Kalk wird in einer Entfernung von etwa 40 m oberhalb der Klärbecken und der Eisenvitriol unmittelbar vor dem Eintritt in dieselben zugefügt; beide Chemikalien werden dem Abwasser in dem gleichen Verhältnis zugesetzt, nämlich je 80 g auf jedes cbm Abwasser.

Klärbecken. Es sind 5 alte und 4 neue Klärbecken vorhanden. Die 5 alten Klärbecken haben verschiedene Grösse, die 4 neuen sind etwa 27 m lang und 9 m breit. Die Tiefe der Klärbecken beträgt durchschnittlich etwa 2 m und ihr gesamter Fassungsraum etwa 2500 cbm. Auf 1 cbm des täglichen Trockenwetterabflusses entfallen mithin etwa 0,9 cbm Klärbeckeninhalt. Jedes Klärbecken hat am oberen Ende eine Tauchplatte; dieselbe besteht aus einer hochkantig stehenden Bohle, welche an ihren Enden in Nuten geführt ist, die in den Seitenwänden der Klärbecken vorhanden sind. Die Tauchplatte schwimmt auf dem Wasser und hebt und senkt sich mit dem Wasserspiegel. Sie hält etwaige Schwimmstoffe zurück, welche mit Handbetrieb abgeschöpft werden (vergl. die Sonderzeichnungen auf Blatt 23). Der Betrieb der Klärbecken ist nicht ununterbrochen; die Klärbecken werden vielmehr bei geschlossenem Abflusschieber nacheinander gefüllt. Jedes Klärbecken bleibt etwa 3 bis 4 Stunden im gefüllten Zustande stehen; danach wird das geklärte Wasser abgelassen. Das Ablassen des Wassers geschieht von oben nach unten vermittels eines sogenannten

Schwimmerarm. Schwimmerarmes (floating-arm). Ein solcher ist auf Blatt 23 in zwei verschiedenen Anordnungen dargestellt. Um die Axe der horizontal liegenden Abflussröhre dreht sich ein im Querschnitt viereckig oder rund gestalteter, hohler Arm in senkrechter Ebene. Derselbe enthält an seinem oberen offenen Ende einen oder zwei luftdicht hergestellte Schwimmer aus Blech, welche bewirken, dass das obere Ende in der Nähe des jeweiligen Wasserspiegels gehalten wird. Dieses Ende des

Digitized by Google

Armes geht also mit dem Wasserspiegel auf und nieder. Das Ende selbst wird an den Schwimmern etwa 10 bis 15 cm unterhalb des Wasserspiegels gehalten. Wird der Schieber der Abflussröhre geöffnet, so strömt das Wasser von seiner Oberfläche her durch das offene obere Ende des Schwimmerarmes in das Abflussrohr. Während des Entleerens senkt sich der Wasserspiegel und mit ihm die Schwimmer und das offene Ende des Schwimmerarmes.

Ist das Wasser auf eine bestimmte Tiefe herabgesunken, so wird der Schieber geschlossen und der Schieber für das Schlammableitungsrohr geöffnet. Durch dieses fliesst der Schlamm einem tiefgelegenen Schlammbrunnen zu. Soweit er aus den Klärbecken nicht mit eigenem Gefälle herabfliesst, wird er mit Schrubbern und Krücken herausgeschoben. Der Schlamm, dessen Menge nicht bekannt ist, wird aus dem Schlammbrunnen mittels einer mit Leuchtgas betriebenen Kolbenpumpe auf die vorstehend bereits genannte, 8 ha grosse Landfläche gepumpt und kommt hier zur Verrieselung. Soweit eine Verrieselung nicht möglich ist, wird er gemeinsam mit den vorstehend erwähnten, von den Gittern abgenommenen Schwimmstoffen untergegraben. Die Landfläche ist drainiert. Der Drainageabfluss wird in das Rohwasser des Hauptzuführungskanals eingeleitet und kommt in der Reinigungsanlage zur abermaligen Behandlung. Schlamm.

Das in den Klärbecken behandelte Wasser, aus welchem durch die geübte chemische Behandlung die vorhandenen Farbstoffe nicht immer vollständig entfernt werden und das hin und wieder auch noch nach Chlor riechen soll, wird einer nachfolgenden Behandlung in Füllbecken von zweifacher Stufe unterzogen. Jede Stufe enthält 10 Füllbecken, welche nach Art der „Roscoefilter“[1]) hergestellt sind. Jedes Füllbecken ist etwa 23 m lang und 23 m breit. Die Gesamtoberfläche der Füllkörper einer jeden Stufe beträgt demnach rund 5000 qm. Die 1,05 m hohe Füllung, welche in der ersten und zweiten Stufe die gleiche ist, besteht aus gesiebten und gewaschenen Schlacken von verschiedener Korngrösse. Unten über der Drainage sind in 30 cm Höhe grobkörnige Materialien eingepackt. Darauf folgen nach oben zwei Schichten von je 22,5 cm Stärke, und zwar aus Schlacken mit einer Korngrösse von 20 bis 40 und 10 bis 20 mm; zuoberst ist eine 30 cm hohe Schlackenschicht mit einer Korngrösse von 3 bis 10 mm. Die Schlacken wurden von Nordengland bezogen, waren schwierig zu Füllbecken.

1) Vergl. diese Arbeit S. 92.

beschaffen und kosteten fertig eingebaut 11,40 Mk. pro cbm. Das Hauptabflussrohr ist auf der Sohle jedes Beckens und zwar in der Mitte desselben angeordnet. In dasselbe münden fischgrätenartig die seitlichen Abflussröhren ein. Die Füllung jedes einzelnen Beckens mit dem Abwasser nimmt $^1/_2$ bis 1 Stunde in Anspruch; das Wasser bleibt 2 Stunden lang in jedem Füllbecken stehen und wird dann abgelassen. Der Abfluss nimmt 1 Stunde in Anspruch. Man rechnet darauf, dass man bei Trockenwetter jedes Becken bis zu dreimal täglich wird füllen können, wobei die Ruhepause des Füllkörpers im entleerten Zustande zwischen je 2 Beschickungen etwa 4 Stunden betragen würde. Da die Füllbecken dazu bestimmt sind, das Wasser bis zu einer dreifachen Verdünnung des Trockenwetterabflusses zu reinigen, so würden nach den derzeitigen Verhältnissen bei Regenwetter im Höchstfalle etwa 8100 cbm in 24 Stunden zu reinigen sein. Bei der vorhandenen gesamten Füllbeckenfläche von etwa 10 000 qm würden also auf 1 qm Füllbeckenfläche 0,8 cbm Dünnwasser für 24 Stunden entfallen. In solchen Fällen müssen die Füllbecken jeder Stufe etwa 4 bis 5 mal am Tage gefüllt bezw. entleert werden. Da den Füllbecken zur Zeit 2700 cbm Abwasser (Trockenwetterabfluss) zugeschickt werden, so entfallen auf das Quadratmeter der Gesamtfläche 0,27 cbm Abwasser und ebensoviel auf das Kubikmeter der Gesamtmaterialmenge. Nachdem das Wasser nacheinander je ein Füllbecken der beiden Stufen passiert hat, fliesst es direkt dem benachbarten Bach zu.

Tropfverfahren.

Die Art der Verteilung des Wassers über die Oberfläche jedes Füllbeckens ist noch nicht endgiltig festgesetzt worden. Zur Zeit fliesst das Wasser von der Einlassöffnung aus in drei radial angelegte, kurze Holzrinnen und aus diesen auf das Füllbett. An dem Tage der Besichtigung sahen wir in dem einen Becken einen für den Versuch von der Firma Mather & Platt (Manchester) eingebauten, drehbaren Sprinklerapparat[1]) von gewaltigen Grössen (vergl. Blatt 24). Derselbe hat 2 Arme, von denen jeder etwa 11,0 m lang ist, aus einer eisernen Rinne von etwa 15 cm Breite und 25 cm Höhe besteht und mit einseitigen, 8 mm grossen Oeffnungen für den Ausfluss des Wassers versehen ist. Der Sprinkler ist in der Mitte drehbar auf dem Zuflussrohr aufgehängt. Der Drehpunkt wird von einer Säule getragen; an ihm hängen

1) Man beabsichtigt mit diesem Apparat das Tropfverfahren auf den vorhandenen Becken zu prüfen.

Digitized by Google

die beiden Arme des Sprinklers in je 4 Aufhängedrähten. Ob sich diese schwere Konstruktion bei dem geringen Wasserüberdruck durch das ausfliessende Wasser jemals wird drehen lassen, muss füglich bezweifelt werden.

Selbsttätige Apparate zum Entleeren der Füllbecken.

Das Entleeren der Becken wird durch selbsttätige Apparate, welche die bereits genannte Firma Mather & Platt geliefert hat, bewirkt. Diese Apparate sind auf Blatt 25 Abb. 1 und 2 dargestellt. An dem unteren Ende des Hauptabflussrohres jedes Beckens ist eine kleine Kammer eingebaut, in welche das Hauptabflussrohr einmündet. Auf der entgegengesetzten Seite dieser Kammer befindet sich ein Rohrstutzen, welcher durch eine um eine horizontale Axe drehbare Klappe verschlossen gehalten wird. So lange der Rohrstutzen verschlossen ist, kann aus dem Becken Wasser nicht ausfliessen. Auf der entgegengesetzten Seite sind an die Axe 2 Hebel angesetzt, mit welcher die Klappe bewegt werden kann. Die Bewegung geschieht durch einen Hohlzylinder, welcher zwischen den beiden Hebeln befestigt ist. Die Axe ist hohl, und ein dünnes Rohr führt aus derselben heraus in den untersten Teil des Hohlzylinders. Da die hohle Axe mit der Kammer in Verbindung steht, so fliesst Wasser aus der Kammer durch die hohle Axe in den Hohlzylinder hinein und beschwert ihn. Dabei wird die Luft durch ein am Scheitel des Schwimmers angebrachtes kleines Rohr herausgetrieben. Da das Verbindungsrohr einen geringen Querschnitt hat und dieser durch einen Hahn noch verengt werden kann, vergeht eine bestimmte Zeit, bevor der Schwimmkörper derartig mit Wasser angefüllt ist, dass er das Gewicht der Verschlussklappe und den Wasserdruck, welcher auf derselben ruht, überwinden und die Klappe öffnen kann. Diese Zeit ist so bemessen, dass das Wasser in dem Becken nach der Füllung desselben etwa 2 Stunden lang verweilen kann, bevor die Verschlussklappe geöffnet wird. Der Betrieb geht also in folgender Weise vor sich: Der Hohlzylinder ist leichter als die Verschlussklappe; die Klappe bleibt also geschlossen, so lange in dem Becken Wasser nicht vorhanden ist. Strömt in das Becken Wasser hinein, so füllt es von der Sohle beginnend die Zwischenräume des Füllkörpers an. Da das Wasser durch das Hauptentwässerungsrohr mit der Kammer kommuniziert, so steigt das Wasser in der Kammer gleichmässig mit demjenigen in dem Füllkörper hoch und belastet die Verschlussklappe. Wenn das Wasser bis zur Höhe der drehbaren Axe gekommen ist, beginnt ein Teil desselben durch das enge Rohr in den Hohlzylinder

einzufliessen. Das Wasser steigt in der Kammer so hoch, bis das Becken voll ist, d. h. bis zur Oberkante des Füllbeckens. Dann wird der Zufluss zu dem Becken auf eine noch zu besprechende Weise automatisch abgesperrt. Erst 2 Stunden nach diesem Zeitpunkt hat das Wasser aus der Kammer den Hohlzylinder vollständig angefüllt, sodass er imstande ist, die Verschlussklappe zu öffnen. Sobald sich die Verschlussklappe nur ein wenig gelüftet hat, ist der Wasserdruck aufgehoben, und der Hohlzylinder fällt sehr schnell herunter, gleichzeitig die Klappe vollständig öffnend. Das Wasser fliesst durch die Ausflussröhre sehr schnell ab. Erst nachdem etwa die Hälfte des Wassers aus dem Becken herausgeflossen ist, beginnt sich der Hohlzylinder zu entleeren. In dem Maasse wie er leichter wird, wird er von der Verschlussklappe gehoben. Das Ausflussrohr wird verschlossen, und in der Zeit, während welcher das Becken leer steht, leert sich der Hohlzylinder vollständig. Da je zwei Becken der oberen und unteren Stufe miteinander direkt verbunden sind, so wird durch die vorbeschriebene Anlage während des Entleerens des oberen Beckens gleichzeitig das untere Becken gefüllt. Die selbsttätigen Apparate am Ausfluss der beiden Becken stehen also in einem gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis insofern, als das untere Bett unbedingt entleert und genügend gelüftet sein muss, wenn das obere Bett seinen Inhalt abgibt. Wenn das untere Becken gefüllt ist, ist das obere leer gelaufen. Während der Zeit, während welcher das untere Becken gefüllt bleibt, ruht das obere Becken im leeren Zustande, und während das untere Becken entleert wird, muss gleichzeitig das obere Becken gefüllt werden, sodass das untere Becken ruht, während das obere im gefüllten Zustande verharrt (vergl. das auf Blatt 25 Abb. 3 dargestellte Diagramm). Hieraus folgt, dass die Zeit der Ruhe in beiden Becken genau die gleiche sein muss wie die Zeit des Vollstehens. Ist dies nicht der Fall, so können die beiden Becken selbsttätig nicht zusammen betrieben werden.

Selbsttätige Apparate zum Füllen der Füllbecken.

Noch verwickelter sind die Apparate, welche zum Füllen der oberen Becken angeordnet sind (vergl. Blatt 25 Abb. 1 und 4). Von einer vorgelagerten, gemeinsamen Kammer zweigen die Speisekanäle für die einzelnen Becken der oberen Stufe ab. Jedes Becken hat einen besonderen Speisekanal. Die Einflussöffnung des Speisekanals in das Becken ist stets offen. An der Abmündung der Speisekanäle von der gemeinsamen Kammer befindet sich in jedem Speisekanal ein Rohr mit einer Verschlussklappe (Abb. 4a und 4b), welche für

gewöhnlich verschlossen ist und nur auf die Dauer der Speisung des zugehörigen Beckens geöffnet wird. Die Verschlussklappe hängt an einer horizontalen Axe und ist oberhalb der Axe in einem schmalen Ansatz verlängert. Gegen dieses schmale Ansatzstück drückt, wenn das zugehörige Bett gefüllt werden soll, ein Daumen, wodurch die Verschlussklappe geöffnet wird. Der Daumen drückt solange, bis das Becken voll ist. Hört der Druck des Daumens auf, so fällt die Klappe zu, und die Verbindung zwischen der gemeinsamen Kammer und dem Becken ist aufgehoben. Vor den Klappen ist eine horizontale Welle w angebracht, an welcher die Daumen befestigt sind. Die Welle w dreht sich stets in demselben Sinne und bewegt die Daumen kreisförmig um sich herum. Würden die Daumen auf der Welle alle in der gleichen Ebene angebracht sein, so würden die Klappen von den Daumen gleichzeitig geöffnet werden, was nicht angängig ist; die Daumen sind vielmehr gegeneinander so versetzt, dass stets nur eine Verschlussklappe geöffnet ist und dass in dem Moment, wo diese Klappe sich schliesst, die zweite Klappe von dem anderen Daumen geöffnet wird. Die Einrichtung ist so getroffen, dass der Daumen die Klappe genau so lange geöffnet hält, wie das zugehörige Becken an Zeit braucht, um gefüllt zu werden. Würde der Daumen die Klappe vorher loslassen, so würde das Becken nicht voll gefüllt werden, und würde der Daumen die Klappe zu spät loslassen, so würde das der gemeinsamen Kammer zufliessende Wasser sich in dem zugehörigen Becken anstauen und das Becken überschwemmen. Die Drehung der Welle w wird in einer neben der gemeinsamen Kammer befindlichen Schwimmerkammer bewirkt, welche abwechselnd mit Wasser gefüllt und geleert wird (vergl. Blatt 25 Abb. 1 und 4e). Dieses Spiel wiederholt sich in denselben Zwischenräumen, in welchen die einzelnen Verschlussklappen nacheinander geschlossen bezw. geöffnet werden müssen. In dem Moment, in dem die eine Verschlussklappe verschlossen und die andere geöffnet wird, ist die Schwimmerkammer soeben leer geworden. Die Zeit, welche für das Füllen und Entleeren der Schwimmerkammer gebraucht wird, ist also genau so gross zugemessen wie die Zeit, welche das einzelne Becken braucht, um gefüllt zu werden. Die Welle w, welche die Daumen trägt, ist in die Schwimmerkammer hinein verlängert. An ihrem Ende ist ein Sperrrad befestigt, durch welches die Welle einseitig gedreht wird und welches durch eine feste Sperrklinke an der Bewegung im entgegengesetzten Sinne verhindert

wird. In das Sperrrad greift eine zweite Sperrklinke ein, welche an dem kürzeren Arm eines zweiarmigen Hebels sitzt. Der Hebel bewegt sich lose um die Welle w. Bewegt sich der Hebel nach unten, so wird das Sperrrad und damit die Welle w mit den Daumen gedreht. Dagegen bleiben die Welle w und die Daumen in ihrer Lage, während der Hebel sich nach oben hin bewegt. Die Auf- und Niederbewegung des Hebels wird durch einen Schwimmer besorgt, welcher an dem freien Ende des längeren Hebelarms befestigt ist. Der Schwimmer ist ein Hohlzylinder, welcher auf dem Wasserspiegel der Schwimmerkammer schwimmt. Die Schwimmerkammer ist durch ein kleines Rohr mit dem daneben liegenden Hauptzuführungskanal verbunden; es vergeht also eine bestimmte Zeit, bis die Kammer gefüllt ist. Die Zeit kann reguliert werden, indem man die Rohröffnung durch einen Hahn erweitert oder verengt, und indem man 2 bis 3 derartige Röhren in Tätigkeit setzt. Die Entleerung der Schwimmerkammer geschieht in derselben Weise durch den Hohlzylinderapparat wie an den Ausflüssen der Füllbecken. Hier befinden sich die Arme mit dem Hohlzylinder a (vergl. Abb. 1a) in der gemeinsamen Kammer, in welcher die Verschlussklappen angebracht sind. Der Hohlzylinder a füllt sich in dem gleichen Masse mit Wasser, wie die Schwimmerkammer sich füllt. Ist die Schwimmerkammer gefüllt, so ist auch der Hohlzylinder a gefüllt; in diesem Moment sinkt er nieder und öffnet das Verbindungsrohr von der Schwimmerkammer nach der gemeinsamen Kammer. Die Schwimmerkammer leert sich; gleichzeitig fliesst das Wasser aus dem Hohlzylinder a aus. Der Hohlzylinder a wird leichter als die Verschlussklappe; die Verschlussklappe geht nieder und zieht den Hohlzylinder a in die Höhe. Die Schwimmerkammer ist geschlossen; sie kann sich abermals mit Wasser füllen, und das Spiel beginnt von neuem.

Die Angaben, welche über die genannten Apparate in der Literatur sich finden, ebenso die Mitteilungen, welche über die besprochenen Einrichtungen uns gemacht wurden, lauten teils ausserordentlich günstig, teils recht wenig günstig. Da wir die Apparate wegen Mangels an Zeit nicht im vollen Betrieb sahen, können wir ein abschliessendes Urteil nicht abgeben, doch will uns scheinen, als wenn alle diese Apparate für den Gebrauch wenig zu empfehlen sind. Da die Apparate alle von einander abhängig sind und genau mit einander arbeiten müssen, so wird es nicht möglich sein, sie so genau einzustellen, wie es erforderlich ist, um so mehr als der Wasserzufluss nicht zu allen

Zeiten der gleiche ist, sondern im Verlauf der Tages- und Nachtzeit stark wechselt und ganz besonders im Fall von Regengüssen sehr bedeutend wird. Für unser kontinentales Klima scheinen die Apparate, da sie nicht frostsicher verlegt sind, in der in Swinton geübten Art des Einbaus überhaupt nicht anwendbar.

Sturmwasserbecken.

Das Sturmwasser fliesst mit Umgehung der Füllbecken auf besonders hergestellte Sturmwasserbecken (vergl. Blatt 22) und durchströmt diese in ununterbrochenem Strom. Diese Becken sind an zwei verschiedenen Stellen angelegt. Die eine Beckenanlage ist die ältere, besteht bereits seit 6 Jahren und hat eine Fläche von ungefähr 2200 qm; die andere, neuere hat eine Fläche von ungefähr 12 000 qm. Da die Sturmwasserbecken für 8100 cbm Sturmwasser in maximo eingerichtet sind, so entfallen auf 1 qm und 1 cbm des Filtermaterials im Höchstfalle 0,56 cbm Sturmwasser. Beide Becken sind aus dem vorhandenen lehmigen Erdboden ausgehoben und ohne massive Wände hergestellt; sie sind mit Drainage versehen, welche direkt in den Bach geführt ist. Sie sind in einer Tiefe von 1 m mit Schlacken aus Kesselrosten gefüllt, aus welchen nur der feine Staub herausgesiebt ist.

Betrieb.

Die gesamte neue Anlage ist erst seit kurzer Zeit im Betriebe. Von den Füllbecken funktionieren erst einzelne seit dem Sommer 1902, die anderen waren überhaupt noch nicht in Tätigkeit gesetzt. Die neuen Sturmwasserbecken sind seit 1901 im Betriebe. Eine Verstopfung dieser Becken ist bisher noch nicht festgestellt worden.

Reinigungserfolg.

Hinsichtlich der Wasserbeschaffenheit wurde am Besichtigungstage folgendes ermittelt: Das auf der Reinigungsanlage ankommende Rohwasser machte den Eindruck eines frischen, aber stark verunreinigten Abwassers; seine Farbe war dunkelgrau, es roch fäkalartig. Vor dem Gitter hatte sich auf der Wasseroberfläche, wie eingangs erwähnt, ein fester dicker Schaum gelagert. Das aus den Klärbecken den oberen Füllkörpern zufliessende, chemisch vorbehandelte Abwasser war ziemlich frei von suspendierten Stoffen, aber noch stark getrübt und besass eine ähnliche Farbe und einen gleichen Geruch wie das vorbeschriebene Rohwasser. Auch das aus den unteren Füllkörpern ausfliessende Wasser war noch recht trübe. Das Wasser roch schwach modrig und war von schwach gelblicher Farbe; seine Durchsichtigkeit betrug 6 cm. Suspendierte Stoffe fehlten in der Probe nahezu vollständig (vergl. Anlage V zu 8). Nach 10 tägigem Stehen des Wassers in geschlossenen Flaschen bei Zimmertemperatur war das-

selbe unter Abscheidung eines nicht sehr bedeutenden Bodensatzes klarer geworden: eine vollständige Klärung der Probe trat erst bei längerem Stehen ein. Der bei der Entnahme festgestellte modrige Geruch war nach 10tägiger Aufbewahrung verschwunden und hatte einem moorigen Platz gemacht. Trotzdem die Füllbecken erst vor verhältnismässig kurzer Zeit in Betrieb gesetzt waren, war dem Rohwasser durch die geübte Behandlung doch seine Fäulnisfähigkeit genommen worden. Den durch die Analyse erhaltenen Ergebnissen (bezüglich dieser sei auf die Anlage V zu 8 verwiesen) ist hier nichts beizufügen. Englische Untersuchungsergebnisse liegen über die Anlage in grösserem Umfange noch nicht vor. Das Wenige, was uns mitgeteilt wurde, ist eine Angabe über die Beschaffenheit des aus der unteren Stufe ausfliessenden Wassers, wonach der Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) in diesem Wasser nie mehr als 14.3 mg pro Liter betragen soll.

Kosten. Die Kosten für die Herstellung der neuen Reinigungsanlage haben 600 000 Mk. betragen, d. i. pro Kopf der Bevölkerung 30 Mk. Der Betrieb der Anlage erfordert die ununterbrochene Beschäftigung von 4 Arbeitern, von denen 3 während des Tages und einer während der Nacht im Dienst sind. Die Betriebskosten sollen sich jährlich auf 25 600 Mk., pro 1 cbm Abwasser (Trockenwetterabfluss) also etwa auf 2.3 Pf. stellen.

9. Oldham.

Allgemeines. Oldham ist eine Stadt mit 140 000 Einwohnern, welche alle an die Kanalisation angeschlossen sind. Der Wasserverbrauch beträgt 100 Liter pro Tag und Kopf. Die Stadt ist nach dem Mischsystem entwässert. Notauslässe sind innerhalb der Stadt vorgesehen, bisher aber noch nicht in Gebrauch genommen. Es gelangt also in dem Zubringer — dieser soll in 24 Stunden in maximo 68 000 cbm fassen können — das gesamte Abwasser auf die Reinigungsanlage, woselbst es durch einen im Gebrauch befindlichen Notauslass erforderlichenfalls entlastet wird (vergl. Blatt 22). Die Stadt enthält sehr viele Fabriken, namentlich Baumwollspinnereien. Da diese aber nicht viel Fabrikwasser liefern (eigentlich nur, wenn die Wasserreservoire zwecks Reinigung geleert werden), so spielt dieses Fabrikwasser bei der Kanalisation sowie bei der Reinigung des Abwassers so gut wie keine Rolle. Es kommen ferner noch einige Färbereien sowie 2 grössere Wäschereien in Betracht: aber auch diese liefern im Verhältnis so wenig

Digitized by Google

Wasser, dass das auf der Reinigungsanlage ankommende Abwasser den ausgesprochenen Charakter eines häuslichen Abwassers aufweist. Als typische Zusammensetzung werden für dasselbe folgende Werte angegeben (mg pro 1 Liter): Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 56,5; Ammoniak 35,0; Albuminoidammoniak 12,0; suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) 350,0 (vergl. Anlage I zu 9a und b).

Das Abwasser aus den hoch gelegenen Stadtteilen fliesst der Reinigungsanlage mit eigenem Gefälle zu, muss aber aus den niedrig gelegenen Stadtteilen, welche etwa 2000 Häuser enthalten, gepumpt werden. Die Pumpenanlage befindet sich in der Stadt; sie ist mit dem Kanal für die hochgelegenen Stadtteile durch ein Druckrohr verbunden. Der Trockenwetterabfluss beträgt etwa 13 600 cbm täglich, nämlich rund 100 Liter für den Tag und Kopf der Bevölkerung. Mit Einschluss des Regenwassers beträgt der tägliche Abfluss auf der Reinigungsanlage, nach dem Durchschnitt eines Jahres berechnet, 20 000 cbm (im Mittel täglich 143 Liter pro Kopf). Im Ort ist noch eine verhältnismässig grosse Anzahl Tonnenklosetts vorhanden, welche nicht an die Kanalisation angeschlossen sind. Wasserklosetts (zur Zeit etwa 11 000) befinden sich nur in den Wohnungen der wohlhabenderen Bevölkerungsklassen. Die Menge des Wassers wird an einem Ueberfallwehr gemessen und mittels eines selbstschreibenden Pegels verzeichnet. Die Reinigungsanlage liegt in einer Entfernung von $2^1/_2$ km von dem Mittelpunkt der Stadt. Das Wasser braucht von hier etwa 1 Stunde, bis es auf der Reinigungsanlage ankommt. Zubringer.

Das Wasser wird beim Eintritt in die Reinigungsanlage durch einen Doppelschlammfang geleitet, welcher an seinem vorderen und hinteren Ende je ein Gitter enthält (Blatt 26 Abb. 1). Die Reinigung des Schlammfangs findet in der Woche einmal statt. Zu diesem Zwecke wird die eine Hälfte abgesperrt, trocken gelegt und mit Handbaggern gereinigt. Die Reinigung der Gitter geschieht täglich und zwar von Hand. Gitter.

In der seit 1897 in Betrieb gesetzten Reinigungsanlage wurde bis vor kurzem das Abwasser, bevor es auf die biologischen Körper aufgeleitet wurde, mit Chemikalien (Kalk und Eisenvitriol) behandelt. Der Zusatz pro cbm Abwasser betrug im Mittel an Kalk 57 g, an Eisenvitriol 14 g. Genaue Angaben über die bei der chemischen Klärung erhaltenen Schlammmassen konnten nicht erlangt werden. Die durch die chemische Fällung mit nachfolgender Behandlung in Füllkörpern erhaltenen Abflüsse waren befriedigend und entsprachen Frühere Art der Vorbehandlung.

meistens dem verlangten Reinigungsgrad. Nachdem man aber festgestellt hatte, dass nach Weglassen der Fällungsmittel sich noch bessere Effekte erzielen liessen, wurde der Chemikalienzusatz fortgelassen (vergl. hierzu die auf Seite 122 mitgeteilten Reinigungseffekte).

Bei dem neuen, jetzt geübten Verfahren wird das Wasser in Absitzbecken vorbehandelt, darauf über einstufige Füllbecken geleitet und gelangt von hier in den an der Anlage vorbeifliessenden Bach, Wineebrook genannt, welcher Vorflut nach dem Irwellfluss nimmt.

Absitzbecken. Es sind 12 Absitzbecken vorhanden, welche etwa je 12 m breit, 33 m lang und 2 m tief sind. Eins von diesen Becken wird zur Zeit als geschlossenes Faulbecken benutzt. Zu diesem Zwecke ist es mit einem Dach aus gewölbtem Wellblech versehen. Von den übrigen Absitzbecken werden 7 zur Vorbehandlung des Trockenwetterabflusses benutzt, die andern 4 stehen in Reserve zum Gebrauch für den Regenfall. Die erstgenannten 7 Absitzbecken haben einen Gesamtfassungsraum von 5600 cbm, vermögen also nur etwa ein Viertel des täglichen Trockenwetterabflusses in sich aufzunehmen (auf 1 cbm tägliches Abwasser entfallen 0,28 cbm Beckeninhalt). Das Wasser wird während des Betriebes über die 7 Absitzbecken gleichmässig verteilt und durchströmt je eins derselben im ununterbrochenen Strom, indem es an der Eintritts- und Austrittsstelle Ueberfallschwellen passiert. Der Schlamm, welcher sich an der Sohle der Becken niederschlägt, wird aus jedem Becken etwa alle 3 bis 4 Monate herausgenommen. Die Becken werden also nach Art der Faulbecken betrieben und stellen mithin nichts anderes dar als offene Faulbecken. Das aus diesen Becken heraustretende Wasser enthält im Durchschnitt etwa 140 mg suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) pro Liter. Die Abnahme der suspendierten Stoffe durch die Behandlung des Abwassers in den Absitzbecken beträgt etwa 60 %. Während der mehrmonatlichen Betriebsperiode der Becken bildet sich an der Oberfläche eine Schwimmdecke, welche mit der Länge der Zeit zäher und dicker wird. Ein Faulbecken, welches seit dem 15. Oktober 1902 in ununterbrochenem Betriebe gewesen war, zeigte an dem Tage der Besichtigung (nach nicht ganz 4 Monaten) an der Oberfläche eine Schwimmdecke von etwa 5 cm Dicke. Um zu verhindern, dass der Schaum in das abfliessende Wasser gelangt, ist am unteren Ende jedes Absitzbeckens eine aus einer Bohle bestehende Tauchplatte angeordnet, welche durch eiserne Haltevorrichtungen in ihrer Höhe unverrückbar festgehalten wird

Schlamm. (vergl. Skizze auf Blatt 26 Abb. 2). Soll der Schlamm, der sich

auf dem Boden des Beckens niedergeschlagen hat, abgelassen werden, so geschieht dies, indem man zunächst mit einem Schwimmerarm, in derselben Weise wie in Swinton[1]), das obenstehende Wasser abfliessen lässt (dieses wird in besonderen Füllbecken gereinigt), sodann den Schlamm in einen neben den Absitzbecken mit starkem Gefälle angelegten Kanal leitet und mit einem Kalkzusatz versieht (Blatt 23 Abb. 1). Der Kalkzusatz beträgt 5 % vom Gewicht des gepressten Schlammes. Er berechnet sich zu 20 % vom Gewicht der Trockensubstanz des Schlammes. Man setzt den Kalk zu dem Zwecke zu, um den Schlamm pressfähig zu machen, denn man hat die Erfahrung gemacht, dass es nicht möglich ist, den in den Absitzbecken gewonnenen Schlamm ohne den Kalkzusatz zu pressen. Auch hat man gefunden, dass der Schlamm pressfähiger wird, wenn er eine längere Zeit mit dem Kalkzusatz in Berührung bleibt, bevor er auf die Presse gelangt. Aus diesem Grunde wird der mit dem Kalkzusatz versehene Schlamm nicht direkt in die Presse geleitet, vielmehr erst in einen Lagerraum, bestehend aus 2 Becken, von denen jedes etwa 15 m breit, 35 m lang und 1 m tief ist, gepumpt und bleibt hier eine volle Woche stehen. Aus den Becken wird der Schlamm vermittels komprimierter Luft, welche auf der Anstalt mit Dampfmaschinen erzeugt wird, in die Filterpressen gedrückt. Diese unterscheiden sich in nichts von den bei uns gebräuchlichen Pressen. Mit den vorhandenen 7 Filterpressen werden monatlich 300 Tonnen gepresster Schlamm (Wassergehalt 50 %) gewonnen, d. h. 0,5 ‰ vom gereinigten Abwasser. Auf 1 cbm Abwasser werden mithin 2,5 Liter flüssiger Schlamm (Wassergehalt 90 %) gewonnen. Man war genötigt, an dem Schlamm die Operation des Pressens vorzunehmen, weil man auf andere Weise ihn nicht verwerten konnte, auch auf der Reinigungsanlage Raum zum Trocknen nicht vorhanden war. Selbst im gepressten Zustande kann der Schlamm nicht im ganzen Umfange verwertet werden, obgleich er an die benachbarten Landwirte unentgeltlich abgegeben wird. Man ist daher genötigt gewesen, den nicht verwerteten gepressten Schlamm auf der Reinigungsanlage zu lagern, und will demnächst versuchen, aus ihm, ähnlich wie in Cassel, das Fett auszuziehen. Das Wasser, welches beim Pressen des Schlammes gewonnen wird, fliesst in einen 3 m tiefen, oben offenen Brunnen von 15 m Durchmesser und wird von hier auf die Absitzbecken zurückgepumpt.

---

1) Vergl. diese Arbeit S. 108.

Digitized by Google

Füllbecken. Aus den Absitzbecken fliesst das Wasser mit eigenem Gefälle zu den Füllbecken. Es sind zur Zeit im ganzen 27 Füllbecken vorhanden, welche eine Gesamtfläche von etwa 3,0 ha einnehmen und deren gegenseitige Anordnung auf Blatt 26 Abb. 1 schematisch zur Darstellung gebracht ist. Auf jedes Füllbecken entfällt also eine Fläche von durchschnittlich 1100 qm. Die Becken sind am Abhange neben dem Wincebrookbach angeordnet und sind in den Boden eingegraben: ihre seitlichen Wände werden also von Böschungen, zum Teil auch von Bohlen gebildet, nicht von Beton oder Mauerkörpern. Die Sohle der Becken ist nur dort aus Beton hergestellt, wo der natürliche Boden durchlässiger Natur war. In den anderen Fällen hat man auf irgend welche Befestigung der Sohle verzichtet. Die Sohle der Becken ist mit einer Drainage versehen, welche direkt in den Bach mündet. Die Becken besitzen eine 0,9 m tiefe Füllung, welche aus Kesselrostschlacke in einer Korngrösse von 8 bis 25 mm besteht. Um die Drainageröhren ist grobkörnigeres Material geschichtet. Die Schlacke ist aus den Fabriken des Ortes und der Umgebung zu einem Preise von 2,60 M. für das Kubikmeter gesiebter Masse frei Reinigungsanlage bezogen worden. In neuester Zeit hat man für das Füllen einiger neuen Becken auch Schlacken aus einem am Ort befindlichen Müllverbrennungsofen benutzt. Diese stellen sich erheblich billiger als die Schlacken von Kesselrosten, da man für sie augenscheinlich keine andere Verwendung hat finden können. Erfahrungen über die Bewährung der Schlacken aus dem Müllverbrennungsofen im Betrieb der biologischen Körper liegen nicht vor. Von den vorhandenen Füllbecken werden 22 für den täglichen Gebrauch und 5 zum Reinigen des aus den Absitzbecken vermittels der Schwimmerarme abgezogenen Wassers benutzt. Die Verteilung des Wassers über die Füllbecken geschieht vermittels hölzerner Rinnen (Blatt 27). Ein Versuch, welchen man anstellte, das Wasser, ähnlich wie in Manchester, mit kleinen Gräben, welche an der Oberfläche des Füllmaterials ausgehoben und mit feinem Schlackenmaterial ausgefüttert waren, zu verteilen, misslang, weil in dem aufgeleiteten Wasser verhältnismässig viel Schwebestoffe enthalten sind und infolgedessen die Gräben sehr häufig gereinigt werden mussten. Auch das Aufbringen einer Lage feinen Materials, in welcher die Schwebestoffe zurückgehalten werden sollten, führte zu rascher Verschlammung der Oberfläche und wurde deshalb wieder aufgegeben. Die Vorrichtungen zur Zuführung des Wassers in die Becken werden von Hand bedient. Die Gesamtheit der Körper hat einen Material-

Digitized by Google

inhalt von 27 000 cbm; sie vermag also bei einmaliger Füllung in den Zwischenräumen 9000 cbm Abwasser zu fassen. Bei Trockenwetter genügt es, die Füllkörper 1 bis 2 mal täglich zu beschicken. Das Vollstehen der Becken hat man bei der ersten Füllung des Tages auf 3 Stunden und bei der zweiten Füllung auf 4 Stunden bemessen. Das Füllen jedes Beckens nimmt eine Zeit von 30 bis 45 Minuten, das Entleeren eine solche von etwa 2 Stunden in Anspruch. Die Dauer des Leerstehens zwischen der 1. und 2. Beschickung beläuft sich meistens auf 2 Stunden. Die Dauer des Leerstehens nach der 2. Beschickung (Nachts) ist entsprechend länger.

Der Abfluss aus den Füllbecken ist bei dem Beginn des Ablassens ein wenig trübe und wird im Verlauf des Abfliessens klarer. Der Abfluss wird täglich untersucht und es hat sich herausgestellt, dass das Wasser im allgemeinen eine befriedigende Beschaffenheit zeigt, allerdings in einzelnen Fällen nachfault; letzteres ist bisher aber nur in den Wintermonaten beobachtet worden und zwar im allgemeinen nur dann, wenn die Becken 2 mal täglich gefüllt wurden. Bei einmaliger täglicher Füllung ist ein Nachfaulen fast garnicht festgestellt worden. Den Anforderungen der Aufsichtsbehörde entsprechen aber die Abflüsse nur selten. Die Probe, welche in unserer Anwesenheit genommen wurde (vergl. Anlage V zu 9b), war leicht getrübt, von schwach modrigem Geruch und schwach gelblicher Farbe und besass eine Durchsichtigkeit von 8 cm. Suspendierte Stoffe fehlten nahezu vollständig. Bei dem Aufbewahren der Probe trat — nach 10 Tagen — eine Klärung ein, jedoch war diese keine vollständige. Der Geruch war nur noch ganz schwach erdig; ein Fäulnis- oder Schwefelwasserstoffgeruch war nicht aufgetreten. Das durch die Absitzbecken und einfache Füllbecken behandelte Abwasser von Oldham hatte also seine Fäulnisfähigkeit verloren. Die analytische Untersuchung ergab folgende Werte (mg pro Liter): Kaliumpermanganatverbrauch 117,0; Ammoniak 6,5; organischer Stickstoff 3,5; Nitrate reichliche Mengen; Nitrite fehlten; Chlor 84,0. Reinigungserfolg.

Der Chemiker der Oldhamer Werke, A. H. Valentine, gibt für die Abflüsse aus den biologischen Körpern bei vorausgehender Vorbehandlung in Absitzbecken folgende Werte an (mg pro Liter):

Durchschnitt: Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 9,0; Ammoniak 14,9; Albuminoidammoniak 1,9; Nitrate 4,0;
bestes Ergebnis: Sauerstoffverbrauch 1,1;
schlechtestes Resultat: Sauerstoffverbrauch 20,5.

Die Reinigungseffekte berechnen sich nach den Durchschnittswerten auf: Abnahme des Sauerstoffverbrauches 84,1 %; Abnahme des Albuminoidammoniaks 84,2 %; Abnahme des Ammoniaks 57,4 % (vergl. Anlage IV zu 9b). Die Reinigungseffekte bei chemischer Vorbehandlung mit anschliessender Behandlung in einfachen Füllbecken betragen im Mittel dagegen nur: Abnahme des Sauerstoffverbrauches 79,1 %; Abnahme des Albuminoidammoniaks 82,1 %. Bezüglich der absoluten Werte vergl. Anlage III zu 9a.

Betrieb. Die Mehrzahl der Becken ist seit dem Jahre 1897 ununterbrochen, also schon mehr als 5 Jahre im Betriebe; auf ihnen sind durchschnittlich etwa 0,55 cbm Wasser auf das Quadratmeter Beckenfläche, d. i. etwa 0,6 cbm Wasser auf 1 cbm Körpermaterial, täglich gereinigt worden. Eine Reinigung des Füllmaterials ist bis jetzt noch nicht erforderlich geworden. Die Becken machen einen verhältnismässig guten Eindruck mit Ausnahme von denjenigen Stellen, an welchen sich der Eintritt des Wassers befindet. Hier zeigen sich grössere Flächen, welche mit Schlamm bedeckt sind. Die Oberfläche der Becken wird ab und zu mit der Hand aufgeharkt; auch werden jedem Becken nach einer längeren Arbeitsperiode einige Tage Ruhe gegeben.

Die zur Verfügung stehende Fläche der Füllbecken reicht nicht aus, um die gesamten Wassermengen, welche auf der Reinigungsanlage ankommen, zu reinigen. Im Frühjahr und Herbst wird das überschüssige Wasser, welches in den Becken nicht untergebracht werden kann, direkt in den Bach geleitet. Das gleiche geschieht im Sommer mit dem Ueberschuss an Regenwasser.

Mit Rücksicht hierauf sowie auf den Umstand, dass der Abfluss aus den Füllbecken nur selten dem Standard des Mersey and Irwell Committee entspricht, geht man mit der Absicht um, Füllbecken mit zweifacher Stufe anzuordnen.

Kosten. Die Höhe der Kosten für die Herstellung der Anlage konnte uns nicht mitgeteilt werden. Aus der Literatur entnehmen wir, dass die Herstellung der Füllbecken mit Einschluss des Füllmaterials 3,5 M. pro qm Fläche gekostet haben soll. Dagegen haben wir bei der Besichtigung ermittelt, dass die jährlichen Ausgaben mit Ausschluss der Zinsen und Schuldentilgung etwa 51 500 M. betragen; das macht für das Kubikmeter Wasser etwa 0,7 Pf. Auf der Anlage sind im Durchschnitt täglich 21 Arbeiter beschäftigt, davon einer während der Nacht. Die Löhne für die Arbeiter betragen wöchentlich 520 bis 540 M. Bei der Bedienung der Füllbecken sind 2 Mann beschäftigt, einer am Tage

und einer in der Nacht. Während der Sommermonate sind bei den Füllbecken noch besondere Hilfskräfte erforderlich, welche die Becken von Unkraut freihalten.

Wie bereits oben erwähnt, wurden auch Versuche gemacht mit vorgefaultem Abwasser. An das geschlossene Faulbecken wurden Füllbecken in einfacher und doppelter Stufe angeschlossen. Die Versuche dehnten sich über ein ganzes Jahr aus, und es wurde dabei eine gesamte Wassermenge von 580 000 cbm, also im Durchschnitt täglich 1600 cbm gereinigt. Da der Inhalt des Faulbeckens nur etwa 800 cbm beträgt, so floss durch das Faulbecken täglich eine Wassermenge, welche einer zweimaligen Füllung desselben gleich kam, was nach den sonst üblichen Abmessungen verhältnismässig viel genannt werden muss. Das Wasser floss durch das Faulbecken im ununterbrochenen Strom und wurde am unteren Ende vermittels des Schwimmerarmes aus einer Tiefe von 45 cm unterhalb des Wasserspiegels auf die Versuchsbecken abgelassen. Von den letzteren hatten diejenigen der oberen Stufe eine Gesamtfläche von 2500 qm, diejenigen der unteren Stufe nur eine solche von 150 qm. Wasser, welches in den Becken der unteren Stufe nicht untergebracht werden konnte, wurde aus den Becken der oberen Stufe direkt in den Bach geleitet. Die Stärke des Füllmaterials betrug in den Becken der oberen Stufe 75 cm und in denjenigen der unteren Stufe 1,0 m. Das Füllmaterial bestand aus Schlacken von Kesselrosten, welche durch ein Sieb mit Maschen von 6 mm Weite von den feinkörnigen Bestandteilen befreit waren. Die Füllbecken der oberen Stufe wurden täglich zweimal und diejenigen der unteren Stufe täglich dreimal beschickt. Es entfiel auf die Füllbecken der oberen Stufe täglich eine Wassermenge von 0,64 cbm pro qm und auf diejenigen der unteren Stufe eine solche von 0,80 cbm pro qm. Während der Versuche blieb das Wasser in den einzelnen Becken 1 Stunde lang stehen, bevor es abgelassen wurde. Es wurden täglich Wasserproben von den Ausflüssen aus den Füllbecken entnommen und chemisch und bakteriologisch untersucht. Es hat sich herausgestellt, dass der Ausfluss aus den Füllbecken der oberen Stufe erheblich klarer war als derjenige aus den auf der Anlage vorhandenen Betriebsfüllbecken, welche Wasser aus den Absitzbecken behandeln. Jedoch wurde in 15 % aller Proben ein Nachfaulen des Ausflusses festgestellt. Der Ausfluss aus den Füllbecken der unteren Stufe war nicht so gut, als man vermutet hatte, insofern als er nur um etwa 20 % ver-

bessert wurde. Indessen war der Abfluss aus der unteren Stufe stets geruchlos und klar und faulte nicht nach. Allerdings fand sich in dem Abfluss der unteren Becken nicht selten ein Schleier von sehr fein verteilten Schwebestoffen vor. Nur das in Füllkörpern behandelte Wasser entsprach den Anforderungen der Aufsichtsbehörde. Auf dem Faulbecken hatte sich während der Dauer des Versuchs eine dunkelgefärbte zähe Schwimmdecke gebildet, welche eine Dicke von 20 cm annahm, beim Beginn des Winters aber wieder verschwand. Hinsichtlich des Faulbeckens ergab die Untersuchung, dass dessen Abflüsse, anscheinend als Folge der geübten Ueberlastung des Beckens, stets sehr erhebliche Mengen von Schwebestoffen enthielten. Das Faulbecken wurde erst nach Beendigung des einjährigen Versuchs entleert, indem man das obere Wasser mit dem Schwimmerarm abliess. Auf dem Boden des Faulbeckens fand man schwarzen, flüssigen Schlamm in 0,6 m Höhe, also insgesamt nur 240 cbm. Der Geruch des Schlammes war nicht so belästigend, wie es der aus den Absitzbecken gewonnene Schlamm zu sein pflegt. Im getrockneten Zustande nahm der Schlamm das Aussehen von Gartenerde an. In einer, allerdings nicht einwandfrei aufgestellten Berechnung (man hat z. B. nicht das aus dem Faulraume am Ende der Versuche abgelassene Wasser auf seinen Gehalt an suspendierten Stoffen untersucht) hat man gefunden, dass während des einjährigen Betriebes ein nicht geringer Teil der im Schlamm enthaltenen suspendierten Stoffe aufgezehrt, d. h. verflüssigt und vergast worden war.

10. Heywood.

Allgemeines. Heywood ist ein Ort mit 26 000 Einwohnern, welche alle an die Kanalisation angeschlossen sind. Der Wasserverbrauch pro Kopf und Tag soll etwa 95 Liter betragen. Der Ort ist nach dem Mischsystem entwässert, für welches die erforderlichen Notauslässe im Orte selbst vorgesehen sind. Mehrere Fabriken, darunter eine grössere Anzahl von Baumwollspinnereien, hauptsächlich aber von Färbereien und Seifenfabriken, senden ihr Abwasser der Kanalisation zu, ohne es vorher zu klären oder es in irgend einer Weise vorzubehandeln. Der Trockenwetterabfluss beträgt etwa 3600 cbm täglich. Davon entfällt auf das Fabrikwasser 5 %. Es werden also auf den Kopf der Bevölkerung täglich 138 Liter Abwasser mit Einschluss des Fabrikwassers und etwa 130 Liter mit Ausschluss desselben erzeugt. Von diesem Abwasser wird zur Zeit ein kleiner Teil, etwa 250 cbm täglich, direkt in die öffentlichen Wasserläufe geleitet. Diese Menge stammt aus einem

tief gelegenen Stadtteil, welcher eine natürliche Vorflut zur Reinigungsanlage nicht hat. Es wird beabsichtigt, demnächst dieses Wasser mit Druckluft zu heben und der Reinigungsanlage mit einem neuen Zubringer zuzuführen. Das übrige von rund 23 500 Einwohnern stammende Abwasser, nämlich etwa 3400 cbm des Trockenwetterabflusses, fliesst der Reinigungsanlage ohne Hebewerk mit natürlichem Gefälle zu. Nach dem Jahresdurchschnitt berechnet entfallen mit Einschluss des Regenwassers auf den Tag 4900 cbm (208 Liter pro Kopf und Tag), welche auf der Reinigungsanlage behandelt werden. Das Mehr an Abwasser wird durch die Notauslässe den öffentlichen Wasserläufen direkt überwiesen. Nach den Vorschriften soll die Reinigungsanlage zeitweise eine Menge bis zum fünffachen Betrag des Trockenwetterabflusses zu reinigen imstande sein. Die Reinigungsanlage hat vom Mittelpunkt Heywoods eine Entfernung von 2,0 km, und die Zeit, welche vergeht, bis das Wasser in dem Hauptzuführungskanal vom Mittelpunkt des Ortes bis zur Reinigungsanlage gelangt, beträgt etwa 45 Minuten. Die Reinigungsanlage befindet sich auf einer von dem Rochfluss gebildeten Halbinsel, deren Oberfläche nach den Flussufern zu stark abfällt (vergl. Blatt 28). Der Zubringer mündet auf dem Rücken der Halbinsel aus. Das Abwasser wird hierselbst mittels eines Gitters von den groben Schwimmstoffen gereinigt und durchfliesst alsdann einen vertieften Sandfang, in welchem die schweren Sinkstoffe abgelagert werden. Die Entfernung der Schwimmstoffe vom Gitter und der Sinkstoffe aus dem Sandfang geschieht mit Handbetrieb. Die Vorbehandlung des Abwassers wird mit Chemikalien bewirkt. Man verwendet hierzu Eisenalaun (s. Hendon S. 59). Das in Kuchenform gepresste Salz taucht in das Abwasser ein, wobei es aufgelöst und danach in einem Mischgerinne mit dem Abwasser innig gemischt wird. Die jährliche Menge an Chemikalien beträgt etwa 135 Tonnen, also im Mittel 75 g pro cbm Abwasser. Zu dem normalen Trockenwetterabfluss werden etwa 120 g auf das Kubikmeter Abwasser zugesetzt.

Zubringer.

Chemische Zuschläge.

In 6 Klärbecken mit gemauerter Sohle und mit gemauerten senkrechten Wänden, jedes von etwa 2 m Tiefe, 10 m Breite und 27 m Länge, wird der Schlamm abgeschieden (vergl. Blatt 29 Abb. 3d und Abb. 6). Da die 6 Becken einen gesamten Fassungsraum von 3200 cbm haben, so kann in ihnen etwa der gesamte Trockenwetterabfluss von einem Tage untergebracht werden (auf 1 cbm Abwasser entfallen 0,94 cbm Beckeninhalt). Das Wasser wird über die 6 Klärbecken

Klärbecken.

Digitized by Google

gleichmässig verteilt und durchströmt dieselben ihrer Länge nach ununterbrochen, am Eingang und Ausgang je einen Ueberfall überfliessend. Der Schlamm aus den Klärbecken wird vermittels eines Rohres ähnlich wie in Wealdstone[1]) ohne Betriebsunterbrechung herausgeschafft. Ueber der Sohle jedes Beckens bewegt sich zu diesem Zweck ein horizontal liegendes, mit Löchern versehenes Rohr (vergl. Blatt 29 Abb. 6). Das Rohr ist auf Rädern gelagert, welche auf der Sohle laufen, die aber von oben mit einem Vorgelege angetrieben werden. Das Rohr hat an einem Ende einen Heber, welcher über die Seitenwand des Beckens hinweg in den neben dem Becken gelegenen Schlammkanal geführt ist. Wird der Heber in Tätigkeit gesetzt, so fliesst wasserhaltiger Schlamm durch das horizontal liegende Rohr und den Heber in den Schlammkanal, dessen Wasserspiegel natürlich tiefer liegt als der Wasserspiegel im Klärbecken. Da das Rohr vermittels des Vorgeleges die ganze Beckenfläche bestreicht, so kann der Schlamm von allen Beckenteilen beseitigt werden. Will man die Sohle des Beckens freilegen, so kann dies geschehen durch Schwimmerarme, welche bereits bei Swinton[2]) beschrieben sind (vergl. Blatt 23). Diese Schwimmerarme sind auf der Abb. 6 Blatt 29 deutlich zu sehen.

Schlamm. Der Schlamm fliesst aus den Schlammkanälen mit eigenem Gefälle durch unterirdisch angeordnete Kanäle in den Keller des Maschinenhauses und wird mit einer Pumpe, welche von einer Gaskraftmaschine betrieben wird, in ein eisernes offenes Becken gehoben, woselbst ihm Kalkmilch zugesetzt wird, um ihn pressfähig zu machen. Der Zusatz beträgt etwa 4 ‰, auf den flüssigen Schlamm berechnet. Es werden durchschnittlich 16 600 Tonnen flüssiger Schlamm jährlich gewonnen (8,3 Liter pro 1 cbm Abwasser) und etwa 66 Tonnen Stückkalk jährlich zugesetzt. Nachdem der Kalk sich in dem Becken mit dem Schlamm innig vermischt hat, was durch ein Rührwerk befördert wird, fliesst er eisernen Behältern zu, welche im Keller des Maschinenhauses unterhalb der Filterpressen angeordnet sind, und wird aus diesen mittels Druckluft von etwa 7 Atm. Ueberdruck in die Filterpressen hineingedrückt. Jeder Behälter ist so gross, dass sein Inhalt imstande ist, eine Filterpresse mit Schlamm zu füllen. Ein schematischer Querschnitt durch einen derartigen Behälter ist auf Blatt 29 Abb. 1 dargestellt. Das aus den Filterpressen, deren 3 vorhanden sind, abfliessende Wasser fliesst dem Hauptzubringerkanal

1) Vergl. diese Arbeit S. 65.
2) Vergl. diese Arbeit S. 108.

Digitized by Google

zu. Die Masse des gepressten, noch etwa 57,2 % Wasser enthaltenden Schlammes beträgt jährlich etwa 2000 Tonnen. Man hoffte, ihn an die benachbarten Landwirte los zu werden. Dies ist aber bisher nicht in vollem Umfange gelungen. Der übrigbleibende gepresste Schlamm wird bis auf weiteres auf der Reinigungsanlage gelagert.

Bis zum Herbst 1898 wurde der Abfluss aus den Klärbecken auf benachbartes Land geleitet und hier mit intermittierender Filtration zur Versickerung gebracht (vergl. Blatt 28 und 29 Abb. 5). Für diesen Zweck standen ungefähr 2,5 ha zur Verfügung. Der Drainageabfluss aus dem Land wurde in den die Reinigungsanlage begrenzenden Roehfluss geleitet. Da die Landfläche zu gering war, so war der Reinigungseffekt kein genügender, und da eine Vergrösserung der Landflächen sehr schwierig war, so entschloss man sich, wenigstens für einen Teil des Zuflusses Füllbecken anzulegen. Es wurden zu diesem Zweck neben den vorhandenen Klärbecken 12 Füllbecken hergestellt (vergl. Blatt 28). Dieselben haben eine gemauerte Sohle und gemauerte lotrechte Seitenwände. Jedes von ihnen ist 5 m breit, 20 m lang und 1,2 m tief (vergl. Blatt 29 Abb. 3). In der Längsaxe jedes Beckens befindet sich auf der Sohle die Hauptabflussleitung, in welche fischgrätenartig die seitlichen Drains, die in Entfernungen von etwa 1,5 m liegen, einmünden. Die obersten Punkte jedes Seitendrains sind mittels senkrechter, eiserner, 10 cm starker Röhren durch die Füllung hindurch mit der Luft in Verbindung gebracht. Die Füllung ist aus drei verschiedenen, übereinander liegenden Schichten nach Art der „Roscoe-Filter“[1]) hergestellt. Die unterste Schicht von 45 cm Höhe besteht aus grobkörnigem Koks; darauf folgt eine Schicht von 60 cm Stärke, welche Schlacke von Kesselrosten enthält mit einer Korngrösse von 6 bis 25 mm, und die oberste, 15 cm starke Schicht besteht aus gewaschenem Sand. Die Beschaffung, Herrichtung und das Einbringen der Füllmassen hat etwa 8,00 M. für das Kubikmeter gekostet. Die Verteilung auf die Oberfläche geschieht in jedem Becken durch 2 Holzrinnen, von welchen je eine neben den beiden Längswänden angeordnet ist. Das Oeffnen und Schliessen der Ein- und Auslassschieber wird mit der Hand bewirkt. Jedes Becken wird dreimal am Tage gefüllt, worauf das Wasser 2 Stunden lang in dem Becken verweilt. Die Füllung selbst nimmt etwa 2 Stunden und die Entleerung ½ Stunde in Anspruch. Die Zeitdauer, während welcher das

Behandlung auf Land.

Füllbecken.

1) Vergl. diese Arbeit S. 92.

Digitized by Google

Becken zwischen je 2 Füllungen leer steht, beträgt also etwa $3^1/_2$ Stunden. Die oberste Schicht des Sandes setzt sich mit Schlamm zu. Ungefähr alle 6 Wochen wird der oberste Teil der Sandschicht in einer Stärke von etwa 25 mm abgenommen, gereinigt und wieder aufgebracht. Trotz des bereits $4^1/_2$ Jahre dauernden, ununterbrochenen Betriebes sind Verschlammungen in dem eigentlichen Füllkörper bisher nicht aufgetreten. Die Verschlammungen sind vielmehr auf die oberste Sandschicht angeblich beschränkt geblieben. Mit den vorhandenen 12 Füllkörpern, welche insgesamt eine Fläche von 1200 qm darstellen, sind während der Zeit ihres Bestehens täglich 950 cbm Wasser, also auf je 1 qm Füllkörperoberfläche 0,8 cbm Wasser oder pro 1 cbm Material 0,67 cbm Wasser gereinigt worden. Natürlich wird auf die Füllkörper nur solches Wasser geleitet, welches in den Klärbecken vorbehandelt worden ist.

Reinigungserfolg.

Der Abfluss aus den Füllbecken war am Besichtigungstage nicht ganz klar, besass vielmehr eine leichte Opalescenz (einen sogenannten Schleier). Die Durchsichtigkeit der für die Untersuchung geschöpften Probe (vergl. Anlage V zu 10) lag bei 9 cm. Der Abfluss hatte eine schwach gelbliche Farbe und besass einen schwach modrigen Geruch. Suspendierte Stoffe fehlten in der entnommenen Probe nahezu vollständig. Nach 10 tägigem Stehen der Probe in geschlossener Flasche war eine Klärung des Wassers eingetreten, der Bodensatz hatte hierbei keine nennenswerte Vermehrung erfahren, das Wasser roch aber statt modrig nur noch ganz schwach erdig. Schwefelwasserstoff war weder in der frischen, noch in der 10 Tage alten Probe zu bemerken. Durch die geübte Behandlung hatte das Wasser seine Fäulnisfähigkeit mithin vollständig verloren.

Analytisch wurde festgestellt, dass die entnommene Wasserprobe noch ziemlich grosse Mengen sowohl an Ammoniak (14 mg) wie an organischem Stickstoff (über 10 mg pro Liter) enthielt. Der Kaliumpermanganatverbrauch lag bei 90 mg pro 1 Liter, war also relativ niedrig. An Chlor waren 120 mg vorhanden und Nitrate waren in reichlichen Mengen nachweisbar. Die an der entnommenen Probe festgestellten Eigenschaften sind teils die gleichen, wie sie aus der Literatur bekannt sind, teils etwas günstiger als diese. Wie sowohl die seitens des leitenden Beamten der Heywooder Werke, Joshua Bolton, als die seitens des Mersey and Irwell Joint Committee ausgeführten Untersuchungen gezeigt haben, wird nämlich nicht in allen Fällen dem Wasser durch die geübte Behandlung seine Fäulnisfähigkeit genommen, und entspricht

der analytische Befund nicht immer dem seitens des genannten Komittees aufgestellten Reinheitsgrade.

Ueber die Zusammensetzung des Rohwassers werden seitens der Betriebsleitung der Heywooder Werke folgende Durchschnittszahlen (vergl. Anlage I zu 10) angegeben: Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 77,0; Chlor 59,0; Ammoniak 21,0; Albuminoidammoniak 5,1; Nitrate 0 (mg pro Liter). Der durch die Füllbecken erzielte Reinigungseffekt soll, auf das Rohwasser berechnet, für den Sauerstoffverbrauch 84,4 %, für das Ammoniak 38 % und für das Albuminoidammoniak 72,5 % betragen (vergl. Anlage IV zu 10). Bezüglich der absoluten Werte sei auf Anlage III zu 10 verwiesen.

Was die Füllbecken zur Zeit nicht an Abwasser zu reinigen vermögen, wird nach wie vor auf Land gereinigt.

Der gesamte Abfluss geht in den Rochfluss, welcher ein ziemlich stattlicher, allerdings nicht schiffbarer Fluss ist, der in den Irwellfluss mündet. Das Wasser des Rochflusses kommt bei der Reinigungsanlage bereits anscheinend ziemlich stark verunreinigt an: sein Aussehen war am Besichtigungstage etwa wie dasjenige des Spreewassers unterhalb Berlins. Seine Wassermenge mag bei trockenem Wetter etwa 2 cbm in der Sekunde betragen. In der Abbildung 5 auf Blatt 29 ist unten rechts der Rochfluss und links anschliessend ein Teil des Landes zu sehen, auf welchem das Abwasser aus dem Klärbecken behandelt wird; oben rechts liegen die Füllbecken und links von diesen die Klärbecken. Vorflut.

Wie hoch sich die Kosten für die Herstellung der Anlage belaufen haben, hat unsererseits nicht festgestellt werden können. Die Betriebskosten mit Einschluss der Verzinsung und Schuldentilgung betragen durchschnittlich 30 000 Mark im Jahr oder 1,6 Pf. für das Kubikmeter Abwasser (Dünnwasser). Davon entfallen 0,95 Pf. auf die chemische und sonstige Behandlung des Abwassers und 0,65 Pf. auf die Behandlung des Schlammes. Kosten.

Da, wie vorstehend erwähnt, der durch die Füllbeckenanlage erreichte Reinigungseffekt den Anforderungen des Mersey and Irwell Committee nicht immer entsprach, sodann auch eine Verminderung der durch die chemische Klärung bedingten laufenden Kosten erforderlich erschien, werden seit einigen Jahren Versuche in kleinerem Massstabe mit Faulbecken unter Ausschaltung der chemischen Zusätze angestellt und zwar teils mit doppelter Behandlung der Faulbeckenabflüsse in Füllkörpern, teils mit einfacher Behandlung in Tropfkörpern (dreh- Entwurf für eine neue Reinigungsanlage.

bare Sprinklerröhren). Die durch die letztgenannte Behandlungsmethode erlangten Ergebnisse waren so günstig, dass man beabsichtigt, die Anlage wie folgt umzubauen: Die vorhandenen Klärbecken sollen in offene Faulbecken umgewandelt und durch drei neue offene Faulbecken ergänzt werden, von denen jedes etwa die doppelte Fläche der vorhandenen erhalten soll. (Die beabsichtigten Neuanlagen sind auf Bl. 28 in punktierten Linien angedeutet.) Die Reinigung des Wassers soll durch 15 kreisrund gestaltete Tropfbecken von etwa 15 m Durchmesser und 2,5 m Höhe bewirkt werden. Die Tropfbecken werden auf der natürlichen Erdoberfläche der Reinigungsanlage aufgebaut (vergl. Abb. 4 Blatt 29). Der Aufbau wird mittels Schlacken aus dem im Bau befindlichen, städtischen Müllverbrennungsofen[1]) bewirkt werden. Die Korngrösse soll 25 bis 75 mm betragen. Die Wände jedes Tropfbeckens sollen aus Ziegelsteinen hergestellt werden, welche mit Zwischenräumen lose aufeinander gepackt sind. Die Zwischenräume dienen zur Einführung der Luft in den Tropfkörper. Die Verteilung des Wassers soll durch horizontal sich drehende Sprinkler erfolgen, welche in Zwischenpausen mit Wasser beschickt werden. Die Unterbrechung der Beschickung soll durch Kippgefässe besorgt werden, welche einen dreieckigen Querschnitt haben und excentrisch aufgehängt sind, derart dass sie von selbst umkippen, wenn sie vollgefüllt sind, und solange in der umgekippten Lage verharren, bis das Wasser aus ihnen ausgeflossen ist (vergl. Abb. 2 Blatt 29). Nach dem Durchfliessen der Tropfbecken soll das Wasser in 75 m lange, 25 m breite Absitzbecken geleitet werden, in welchen diejenigen Stoffe, welche beim Durchtropfen aus den Tropfbecken ausgeschwemmt werden, niedergeschlagen werden sollen. Diese Stoffe bestehen nach den ausgeführten Vorversuchen, ebenso wie z. B. auch in Accrington, York und an anderen Orten, aus ausgefaulten, nicht mehr fäulnisfähigen, kompakten Partikeln, welche ein verhältnismässig grosses spezifisches Gewicht haben und in sehr kurzer Zeit zu Boden sinken. Man rechnet darauf, dass man auf den neuen Tropfbecken, welche eine Grundfläche von etwa 2550 qm einnehmen werden, bis zu 6400 cbm Wasser in 24 Stunden wird reinigen können, nämlich 2,5 cbm auf jedes Quadratmeter oder, da die Körper mit 2,5 m Höhe angenommen sind, 1 cbm Abwasser auf jedes Kubikmeter des Tropfkörpermaterials. Für die Behandlung

Faulbecken

Tropfkörper.

Nachbehandlung der Tropfkörperabflüsse.

---

1) System Meldrum.

Digitized by Google

von Sturmwasser sollen zwei Sturmwasserfilter mit einer Gesamtfläche von etwa 3500 qm hergestellt werden. Diese Sturmwasserbecken sollen mit Schlacken 1 m tief gefüllt, und das Sturmwasser soll durch sie im ununterbrochenen Strom hindurch geleitet werden.

Man hofft nach der Errichtung der neuen Anlage die Betriebskosten auf eine mässige Höhe herabzudrücken und von der Unbequemlichkeit, welche zur Zeit die Unterbringung des in übergrosser Menge erzeugten Schlammes bedingt, befreit zu werden, von der Annahme ausgehend, dass der Schlamm in den Faulbecken zu einem guten Teil verflüssigt werden und dass der aus den Tropfbecken ausgewaschene Schlamm nur eine geringe Menge darstellen wird. Gleichzeitig erhofft man, derartige Abflüsse zu erzielen, welche den Anforderungen der Aufsichtsbehörde dauernd entsprechen werden. Kosten.

Die Baukosten der beabsichtigten Neuanlagen sind auf rund 600000 M. geschätzt worden, nämlich 25 M. pro Kopf der angeschlossenen Bevölkerung.

11. Accrington.

Accrington liegt auf welligem Gelände, etwa 30 km von Manchester entfernt und hat 37 000 Einwohner. Es hat mit dem Nachbarort Church zu Zwecken der Entwässerung eine Gemeinschaft („Accrington and Church Outfall Sewerage Board") gebildet. Die Entwässerung beider Orte ist nach dem Mischsystem hergestellt. Hervorzuheben ist, dass eine grosse Anzahl von Frontregenröhren nicht direkt an die Entwässerungsleitung angeschlossen sind: das Wasser fliesst frei über den Bürgersteig und durch den Rinnstein in das nächste Gully und gelangt erst auf diesem Umweg in die Entwässerungsleitung. Die Zahl der an die gemeinschaftliche Kanalisation angeschlossenen Einwohner beträgt zur Zeit 50 000. Innerhalb des Entwässerungsgebietes sind Notauslässe angelegt, welche diejenigen Wassermengen, die mehr als das Sechsfache des Trockenwetterabflusses betragen, den öffentlichen Wasserläufen zuführen. Als Vorfluter für das Notauslasswasser dient der Hyndburnbach und der Liverpoolkanal. Der erstere ist ein etwa 10 m breiter nicht schiffbarer, ausserordentlich schnell fliessender Bach, dessen Wasser oberhalb der Accringtoner Reinigungsanlage sehr stark verunreinigt wird. Er war am Tage der Besichtigung intensiv rot gefärbt. Die Verunreinigung des Hyndburnbaches stammt aus Färbereien, welche ausserhalb von Accrington und Church liegen. Der Hyndburnbach mündet Allgemeines.

etwa 11 km unterhalb der Reinigungsanlage in den Ribblefluss ein; die Anlage untersteht mithin der Aufsicht des Ribble District Drainage Board.

Die Reinigungsanlage liegt etwa 1,5 km von dem Mittelpunkt des Entwässerungsgebietes entfernt, und das Abwasser braucht etwa 45 Minuten, bis es von dort zur Reinigungsanlage gelangt. Diese befindet sich in Coppy Clough auf verhältnismässig steilen Abhängen am rechten und linken Ufer des Hyndburnbaches, welcher innerhalb der Reinigungsanlage überwölbt und überschüttet ist. Die Reinigungsanlage nimmt im Verhältnis zur Grösse des Entwässerungsgebietes und zu dessen Abwassermenge eine ausserordentlich kleine Fläche in Anspruch. Sie ist von niedrigen Bergen und von zum Teil bebauten Privatgrundstücken eng eingeschlossen. Der Trockenwetterabfluss beträgt zur Zeit 5700 cbm in 24 Stunden, also 114 Liter auf den Tag und Kopf der angeschlossenen Bevölkerung. Der Wasserverbrauch pro Kopf und Tag beträgt etwa 95 Liter.

Das Abwasser enthält neben den häuslichen Schmutzwässern sehr reichliche Mengen von industriellen Abgängen, deren Anteil der Menge nach nicht bekannt ist, und zwar Abwässer aus Färbereien, Kattundruckereien, Bleichereien, chemischen Fabriken, Gerbereien, Webereien und aus dem Schlachthaus. Alle diese Fabriken und Anlagen haben keine Verpflichtung, das Abwasser vor der Einleitung in die Kanalisation zu reinigen oder irgendwie vorzubehandeln. Das Wasser fliesst der Reinigungsanlage mit natürlichem Gefälle zu.

Alte Reinigungsanlage. Bis zum Jahre 1899 wurde das Abwasser auf der Reinigungsanlage mit Kalk und Eisenvitriol, zeitweise auch mit Eisenalaun, in Klärbecken — diese wurden 1887/8 errichtet — gereinigt und alsdann direkt in den vorgenannten Bach abgelassen. Es wurden hierbei im Durchschnitt etwa 220 g Chemikalien (Kalk und Eisenvitriol) auf 1 cbm Abwasser zugesetzt und etwa 8,9 Liter flüssiger Schlamm (Wassergehalt 90 %) gewonnen, welcher mit Filterpressen auf den 5. Teil seines Gewichts verringert wurde. Die Kosten der Reinigung betrugen etwa 1,5 Pf. pro cbm Abwasser. Der durch die chemische Behandlung erreichte Reinheitsgrad entsprach nicht den Anforderungen der oben genannten Aufsichtsbehörde.

Neue Reinigungsanlage. Nachdem auf der Reinigungsanlage von C. J. Whittaker längere Zeit hindurch mit gutem Erfolge Versuche mit Tropfbecken angestellt worden waren, wobei neben einer Reihe anderer Versuche, auf

Digitized by Google

die hier nicht näher eingegangen werden soll, die Temperatur des Wassers mit Dampf um 4 bis 5° erhöht wurde, wurde im Jahre 1899 die Reinigungsanlage nach dem Tropfverfahren unter Beibehaltung der vorhandenen Klärbecken umgebildet.

Chemikalien werden nicht mehr zugesetzt, die Klärbecken werden vielmehr als Faulbecken betrieben, indem die letzteren in 2 Systeme geteilt sind, von denen jedes aus 3 hintereinander geschalteten Faulbecken besteht (vergl. Blatt 30 Abb. 1). Nachdem das Wasser ein Gitter und einen Sandfang passiert hat, durch welche die groben Schwimmstoffe bezw. Sinkstoffe zurückgehalten werden, die man von Zeit zu Zeit in maschinellem Betriebe entfernt, wird es gleichmässig über die beiden Systeme verteilt und durchfliesst die drei Faulbecken jedes Systems nacheinander. Der auf Blatt 30 Abb. 1 und Blatt 31 Abb. 1 dargestellte, verhältnismässig gewundene Lauf in diesen Faulbecken erklärt sich aus der historischen Entwicklung der Anlage von früher her. Jedes Faulbecken hat eine Wassertiefe von etwa 2,5 m und eine Grundfläche von etwa 540 qm. Der Inhalt der sämtlichen Faulbecken beträgt also etwa 8100 cbm, sodass dieselben etwa die 1,4 fache Menge des Trockenwetterabflusses zu fassen imstande sind (auf 1 cbm des täglichen Trockenwetterabflusses kommen 1,4 cbm Faulbeckeninhalt). Die Faulbecken arbeiten ununterbrochen Tag und Nacht. Hat sich in einem Faulbecken eine gewisse Menge Schlamm abgesetzt, so wird dasselbe aus dem Betriebe ausgeschaltet, das obenstehende Wasser mittels Pumpen entleert und der unten befindliche Schlamm in eine Schlammgrube abgelassen. Die Schlammgrube ist offen angelegt und in den Boden eingegraben; sie ist ungefähr 1 m tief und hat eine Grundfläche von 2000 qm. In der Schlammgrube kommt das Wasser zur Versickerung, und der ursprünglich 76,7 % Wasser enthaltende Schlamm wird lufttrocken. Während des nunmehr $3\frac{1}{2}$ jährigen Betriebes hat man jährlich etwa 1000 cbm trockenen Schlamm gewonnen, d. s. etwa 0,4 Liter lufttrockner Schlamm auf 1 cbm Abwasser. Nach den uns gewordenen Angaben sind im Durchschnitt die 2 obersten Becken alle 6 Monate, die mittelsten alle 9 Monate und die untersten alle 12 Monate je einmal entleert worden. Dabei will man festgestellt haben, dass in den Faulbecken von der Gesamtmenge der suspendierten Stoffe etwa 35 % verschwinden, d. h. in Lösung oder in Gasform übergeführt werden. Der lufttrockene Schlamm wird auf Wagen geladen, bis zum Liverpoolkanal (etwa

Faulbecken.

Schlamm.

200 m weit) gefahren und hier von den Landwirten abgenommen. Eine Bezahlung für den Schlamm erfolgt nicht. Die Transportkosten bis zum Kanal trägt die Verwaltung.

Tropfkörper. Von den Faulbecken gelangt das Wasser auf die Tropfkörper, auf die sogenannten „thermal aerobic filters“. Von diesen sind 14 an der Zahl vorhanden, welche zu 2 Gruppen, nämlich zu 10 und 4, vereinigt sind. Jeder Tropfkörper hat im Grundriss eine reguläre achteckige Gestalt. In der Mitte jedes Tropfkörpers ist zur besseren Lufteinführung ein kreisrunder Schlot bis zur Oberfläche des Tropfkörpers errichtet und zwar aus Ziegelsteinen, welche mit Zwischenräumen aufeinander gemauert sind. Die einzelnen Achtecke stossen aneinander, haben aber auf den gemeinschaftlichen, aneinanderstossenden Seiten eine Trennungsmauer nicht erhalten. Das Gesamtareal jeder der beiden Tropfkörpergruppen ist von einer Mauer umschlossen, welche gleichfalls aus Ziegelsteinen mit Zwischenräumen hergestellt ist. Die Abbildungen 4 auf Blatt 30 und 2 auf Blatt 31 zeigen die Anordnung dieser Mauern sehr deutlich. Das Ganze ruht auf dem natürlichen, vorher sorgfältig eingeebneten Erdboden der Reinigungsanlage. Der Boden ist mit einer mässig dicken Betonschicht versehen. Auf der Betonschicht sind dicht an dicht halbkreisförmige Schalen aus gebranntem Ton aufgestellt, welche mit etwa 8 cm starken Löchern versehen sind, und welche einerseits zur Abführung des gereinigten Wassers, andererseits zur Einführung der Luft in die Tropfkörper dienen (vergl. Abb. 2 auf Blatt 30). Das Füllmaterial besteht in 2 Tropfkörpern aus Schlacken, welche von dem städtischen Müllverbrennungsofen[1]) herstammen, in den übrigen Tropfkörpern aus Gaskoks. Das Material ist in beiden Fällen sorgfältig gesiebt. Die einzelnen Stücke haben eine Korngrösse, welche zwischen 50 bis 75 mm schwankt. Die Höhe der Füllkörper beträgt 2,7 m, bei einigen wenigen Füllkörpern jedoch nur 2,4 m. Die zum Zwecke eines ungehinderten Luftzutrittes durchlochte Umfassungsmauer ist nicht bis zur vollen Höhe der Füllkörper hinaufgeführt; ihre Höhe beträgt vielmehr nur etwa 1,8 m. In den höheren Partien tritt an die Stelle der Mauer ein gusseisernes, netzartig gestaltetes Gitter von etwa 0,5 m Höhe, und der überschiessende Teil des Tropfkörpers hat überhaupt keine Umfassung. Die Abgrenzung wird hier von einer steilen Böschung gebildet, welche von ausgelesenen, besonders grobkörnigen Stücken des

1) System Horsfall mit „Newton and Diggle Patent Dust Catcher“.

Füllmaterials gepackt ist (vergl. Abb. 4, Blatt 31). In der Gruppe, welche 10 Tropfkörper in sich vereinigt, haben 6 Tropfkörper je einen lichten Durchmesser von etwa 19 m, die anderen 4 je einen lichten Durchmesser von 15 m; die gesamte Grundfläche der Gruppe beträgt rund 2600 qm. Die Tropfkörper der anderen Gruppe haben je einen lichten Durchmesser von etwa 19 m, und die gesamte Grundfläche dieser Gruppe beträgt rund 1200 qm, beider Gruppen zusammen also rund 3800 qm. Der Rauminhalt des Füllmaterials aller Tropfkörper beträgt etwa 9700 cbm. Bei einem Trockenwetterabfluss von täglich 5700 cbm kommen mithin täglich auf 1 qm Fläche 1,5 cbm Abwasser und auf 1 cbm Material ca. 0,5 bis 0,6 cbm Abwasser.

Die Wasserverteilung über die Tropfkörper geschieht mit vier- und sechsarmigen, drehbaren Sprinklern, System Whittaker, welche ohne Unterbrechung beschickt und bewegt werden. Die Zuführung zu den Sprinklern geschieht mit Röhren, welche nahe unter der Oberfläche des Tropfkörpers, in einzelnen Fällen auf der Oberfläche selbst, eingebaut sind. Das Wasser wird den Sprinklertöpfen von unten, nicht von oben her zugeleitet. Dadurch ergibt sich zwischen den festen Teilen der Zuleitung und den beweglichen Teilen der Sprinkler eine Fuge, welche gedichtet werden muss (vergl. die Abb. 3b auf Blatt 31). Die Dichtung wird mit einer Quecksilberfüllung bewirkt, wodurch die Reibung bei der Bewegung der Sprinkler auf das geringste Mass herabgemindert wird. Zu der Gruppe von 10 Tropfkörpern kann das Wasser aus den Faulbecken mit eigenem Gefälle nicht abgeleitet werden; dazu liegen die Sprinkler zu hoch. Das Wasser wird zu diesen Tropfkörpern mit Pulsometern hinaufgedrückt. Da bei der Wirkung der Pulsometer das Wasser in direkte Berührung mit Dampf kommt, so erzielt man dabei zugleich eine Erhöhung der Temperatur des Wassers vor seinem Eintritt in die Tropfkörper. Die Erfahrungen haben aber gelehrt, dass die Kosten für das Heben des Wassers erhebliche sind und dass sich im praktischen Betriebe, im Gegensatz zu den angestellten Vorversuchen, aus der Erwärmung des Wassers (ebenso wie in Leeds) für die Reinigung irgend welche Vorteile nicht ergeben. Man beabsichtigt daher, die Anlage derartig umzubauen, dass in Zukunft die Hebung des Wassers in Fortfall kommt, dass also auch auf die genannten 10 Tropfkörper das Wasser mit eigenem Gefälle fliesst. Die übrigen 4 Tropfkörper sind schon von vornherein so niedrig angelegt worden, dass ihren Sprinklern das Wasser mit natürlichem Gefälle zufliessen kann. Da bei den hoch

Sprinkler.

Digitized by Google

gelegenen Tropfkörpern die Zuleitungs- und die Sprinklerröhren infolge der Pumpvorrichtung unter Druck gesetzt werden, so mussten Vorkehrungen getroffen werden, dass das Wasser nicht aus dem Topf, von welchem die Sprinklerarme abzweigen, herausgeschleudert wird. Zu diesem Zweck war es notwendig, den Topf oben zu schliessen und ihn hier gleichfalls mit einem Quecksilberverschluss zu versehen (vergl. Abb. 3a auf Blatt 31). Die Löcher in den einzelnen Sprinklerröhren sind so verteilt, dass die äusseren und die inneren Flächenteile jedes Tropfkörpers mit gleich viel Wasser versorgt werden, d. h. dass das Wasser über die Oberfläche des Tropfkörpers ganz gleichmässig verteilt wird. Das geschieht bei den sechsarmigen Sprinklern in der Weise, dass die Sprinklerarme ungleich lang gemacht worden sind und die 4 längeren Sprinklerarme nur an den äusseren Enden, die beiden übrigen Sprinklerarme aber auf ihrer ganzen Länge mit Löchern (vergl. Abb. 2 auf Blatt 31) versehen sind. Das Wasser braucht beim Durchtropfen der Körper eine Zeit von etwa 10 Minuten. Nach den gemachten Erfahrungen kann man die Tropfkörper bei ununterbrochenem Betriebe mit einer Abwassermenge bis zu $2^1/_2$ cbm auf das Quadratmeter Grundfläche (d. i. 0,9 bis 1 cbm für 1 cbm Körpermaterial) täglich besprengen, ohne dass Schäden irgend welcher Art zu befürchten sind. Die Sprinklerröhren werden jeden Tag gereinigt. Die Reinigung wird in der Weise bewirkt, dass man die Kapseln, welche die Enden der Sprinklerröhren verschliessen, abschraubt und das Wasser ausfliessen lässt. Darauf durchfährt man die Sprinklerröhren mit einem Rundbesen und die einzelnen Löcher mit einem Draht. Missstände irgend welcher Art haben sich bisher nicht gezeigt. Verstopfungen der Sprinklerröhren und ihrer Ausflusslöcher sind bisher nicht eingetreten.

Die oberen Schichten der Tropfkörper sind mit einer braunen, schleimigen Masse überzogen. Ein Umgraben der Oberfläche der Tropfkörper soll bislang nicht notwendig gewesen sein. Im Innern der Tropfkörper ist bisher gleichfalls nichts geändert oder gereinigt worden; auch hat sich eine Verschlechterung in der Reinigung des Abwassers oder eine Verstopfung der Tropfkörper nicht gezeigt.

Reinigungserfolg.

Der Ausfluss aus den Tropfkörpern zeigt klares Wasser, welches kleine, schwärzliche, humusartige Körperchen ungefähr in derselben Menge enthält, wie das auf die Tropfkörper aufgeleitete vorgefaulte Rohwasser (nach Naylor). Im Gegensatz zu den im Rohwasser

Digitized by Google

enthaltenen suspendierten Stoffen bestehen aber die aus den Tropfkörpern ausgeschwemmten Massen aus ausgefaulten, d. h. nicht mehr fäulnisfähigen Stoffen. In der von uns hinter dem gleich zu besprechenden Absitzbecken geschöpften Probe[1] (vergl. Anlage V zu 11b) fanden sich 25 mg pro 1 Liter suspendierter Stoffe, von denen 16 mg organischer Natur waren. Der Rest von 9 mg war anorganischer Natur und enthielt 1,1 mg Eisen (Fe_2O_3). Die mikroskopische Untersuchung des Bodensatzes zeigte an, dass die aus dem Tropfkörper ausgeschwemmten Körperchen hauptsächlich aus Detritus, sowie Eisenoxydflocken, welche vereinzelte Sarcinen, Protozoen, Sphaerotilusfäden und Centropyxisschalen enthielten, bestanden.

Zwecks Ausscheidung dieser spezifisch ziemlich schweren Körperchen aus den Tropfkörperabflüssen hat man in der gemeinschaftlichen Abflussleitung drei, allerdings sehr kleine Absitzbecken eingeschaltet, durch welche das Wasser hindurchfliesst. Die Becken haben bei einer Tiefe von 0,7 beziehungsweise 1,9 m einen Gesamtfassungsraum von 200 cbm (vergl. Abb. 1 Blatt 30).

Im übrigen machte das aus den Absitzbecken abfliessende Wasser am Besichtigungstage einen ausgezeichneten Eindruck. Es war nahezu klar, fast geruchlos und von ganz schwach gelber Farbe. Suspendierte Stoffe fanden sich — bedingt durch die geringen Grössenverhältnisse der den Tropfkörpern angeschalteten Absitzbecken — noch in ziemlicher, aber in schon bedeutend geringerer Menge als in dem direkt aus den Tropfkörpern austretenden, aber noch nicht mechanisch nachbehandelten Abwasser. Die Durchsichtigkeit der über dem Bodensatze stehenden Flüssigkeit wurde auf über 25 cm, die der ungeschüttelten Probe zu 10 cm ermittelt. Bei der Aufbewahrung der von uns geschöpften Wasserprobe trat eine vollständige Klärung derselben ein. Die Probe wurde klar, blank und nahezu farblos, der Geruch verschwand vollständig, und eine Nachfaulung oder das Auftreten eines Schwefelwasserstoffgeruches wurde nicht bemerkt: das Wasser hatte also durch die geübte Behandlung seine Fäulnisfähigkeit vollständig verloren. Was die Zusammensetzung der entnommenen Probe anbetrifft, so ergab die Untersuchung die in Anlage V zu 11b mitgeteilten Werte, von denen der ermittelte niedere Ammoniakgehalt, sowie die in reichlicher Menge nachgewiesenen Nitrate hervorzuheben sind.

---

1) Vor dem Absitzbecken, also direkt hinter den Tropfkörpern war die Entnahme einer Wasserprobe nicht gut möglich.

Von den zahlreichen englischen Analysenwerten seien folgende Durchnittswerte (vergl. auch Anlage I, II und III zu 11 b) mitgeteilt:

Tabelle 18.

mg pro 1 l	Albumin.-ammonik	Sauerstoff-verbrauch (Vierstd.-probe)	Chlor
Rohwasser	9.0	80.0	104.0
Faulbeckenabfluss .	8.2	78.0	102.0
Tropfkörperabfluss .	2.9	26.0	102.0

Der endliche Reinigungseffekt berechnet sich hiernach für Albuminoidammoniak zu etwa 70 % und für den Sauerstoffverbrauch gleichfalls zu etwa 70 %. Die im Jahre 1903 erzielte Reinigung soll, neuen Angaben zufolge, eine bedeutend weitgehendere sein als die vorstehende, im ersten Betriebsjahre erreichte Reinigung (vergl. Anlage IV zu 11 b). Es wird nämlich mitgeteilt, dass der erreichte Reinigungseffekt für Albuminoidammoniak in dem genannten Betriebsjahre zu 91,3 %, und nach dem Sauerstoffverbrauch gemessen zu 90 % anzusetzen ist.

Sturmwasser. Diejenigen Wassermengen, welche von den Tropfkörpern nicht gereinigt werden können, werden dem Hyndburnbach überwiesen. Besondere Vorrichtungen zum Reinigen des Ueberschusses an Sturmwasser sind nicht vorhanden. Angeblich soll die vorhandene Anlage ausreichen, um das Abwasser in einer Menge bis zum sechsfachen Betrage des Trockenwetterabflusses zu reinigen, was aber bezweifelt werden muss.

Kosten. Die Kosten für die Herstellung der Tropfbecken mit Einschluss der Erdarbeiten, der Herstellung des Betons für den Boden, der Drainage, der Umfassungswände und des Füllungsmaterials haben 220000 M. betragen, also für das Quadratmeter 58 M. An Zinsen werden jährlich etwa 17000 M. bezahlt, was einem Anlagekapital von 510000 M., auf den Kopf der Bevölkerung berechnet etwa 10 Mk., entsprechen würde. Der Wert des Grund und Bodens scheint hierin nicht enthalten zu sein.

Die jährlichen Betriebskosten betragen 38000 M. mit Ausschluss der Verzinsung und der Schuldentilgung, also etwa 1,7 Pf. pro cbm Abwasser (Trockenwetterabfluss). Auf der Anlage sind im ganzen 5 Arbeiter beschäftigt, davon 3 Maschinisten, welche abwechselnd je 8 Stunden

Digitized by Google

arbeiten. Die anderen beiden Arbeiter beaufsichtigen die Reinigungsanlage und die Tropfkörper während des Tages; während der Nacht ist hierfür eine Aufsicht nicht für erforderlich gehalten worden. Man hofft, diese Betriebskosten wesentlich herabdrücken zu können, sobald die Anlage derartig abgeändert sein wird, dass ein Heben des Wassers mittels Pumpen auf der Anlage nicht mehr erforderlich ist.

Versuche mit feststehenden Sprinklerröhren.

Bevor man sich zu der definitiven Einführung der horizontal drehbaren Sprinkler entschloss, hat man Versuche mit feststehenden Röhren gemacht, welche zu beiden Seiten nach oben gerichtete Löcher enthielten, aus denen das Wasser in einem gebogenen Strahl herausfloss. Man schickte das Wasser durch die Röhren im unterbrochenen Betriebe[1]) und hoffte dadurch eine möglichst gleichmässige Verteilung über die Oberfläche des Tropfkörpers zu erzielen, indem man annahm, dass der Wasserstrahl beim Beginn des Wasseraustrittes eine verhältnismässig geringe Länge einnehmen würde, die sich mit der Zunahme des Wasserzuflusses vergrössern und mit der Abnahme des Wasserzuflusses wieder verringern würde (vergl. Abb. 3 auf Blatt 30). Indessen hat sich diese Art der Wasserverteilung nicht bewährt, da das aus den einzelnen Oeffnungen ausströmende Wasser stets die gleichen Stellen des Tropfbeckens trifft und die anderen Stellen vom Wasser fast unberührt bleiben. Beim Beginn des Wasseraustritts ist der Wasserstrahl sehr kurz, er springt sehr schnell auf die volle Länge über und geht bei der Abnahme des Zuflusses plötzlich wieder zurück, sodass im allgemeinen nur diejenige Stelle Wasser erhält, welche von dem lang ausgebreiteten Wasserstrahl versorgt wird, und diejenige Stelle, welche direkt unterhalb der Sprinklerröhren liegt.

12. Chorley.

Allgemeines.

Chorley ist ein auf welligem Gelände gelegener Ort mit verhältnismässig enger Bebauung. Von den im Ort vorhandenen 27000 Einwohnern sind etwa 25000 an die Kanalisation angeschlossen. Der Ort ist nach dem Mischsystem entwässert und hat mehrere Notauslässe, welche diejenige Wassermasse, die mehr als den sechsfachen Trockenwetterabfluss beträgt, den öffentlichen Wasserläufen zuführen. Im Ort befinden sich einige Brauereien und Färbereien, sowie eine grosse Lohgerberei und ein Schlachthaus, deren Wässer ohne vorherige

1) Die Unterbrechung der Wasserzuführung wurde mit dem Adams'schen selbsttätig wirkenden Apparat bewirkt (vergl. Sutton S. 43 und Chorley S. 145).

Digitized by Google

Vorbehandlung der Kanalisation zugeführt werden. Namentlich die beiden letztgenannten beeinflussen das Abwasser in hohem Grade; jedoch lassen sie ihr Schmutzwasser nur an gewissen Tagen in die Kanalisation ablaufen. Wieviel Fabrikwasser der Kanalisation zufliesst, steht nicht fest, doch wird seine Menge im Vergleich zu den städtischen Abwassermengen als nur unbedeutend angegeben. In Chorley bestehen nur wenige Spülaborte. Es ist dort im allgemeinen das Kübelsystem eingeführt, jedoch wird der Inhalt der Kübel von Zeit zu Zeit in die Kanalisation entleert.

Das auf der Reinigungsanlage ankommende Wasser besitzt eine im allgemeinen wechselnde, oft auch ziemlich hohe Konzentration[1]). Die durchschnittliche Zusammensetzung des Rohabwassers (vergl. Anlage I zu 12) wird wie folgt angegeben: Albuminoidammoniak 8,0; suspendierte Stoffe zwischen 100,0 und 250,0; Chlor 90,0 (mg pro 1 Liter). Am Besichtigungstage besass das Rohwasser eine graugelbliche Farbe und hatte einen fäkalartigen Geruch. Wie die auf dem Gitter der Reinigungsanlage abgefangenen Stoffe erkennen liessen, kamen Fäces, Papier u. s. w. in noch ziemlich unveränderter Beschaffenheit und anscheinend reichlicher Menge auf der Reinigungsanlage an. Die Reinigungsanlage liegt vom Mittelpunkt des Ortes etwa 2,5 km entfernt und das Wasser braucht, um den Weg von hier bis zur Reinigungsanlage in dem Hauptzubringer zurückzulegen, eine Zeit von etwa einer Stunde. Das Abwasser wird der Reinigungsanlage mit natürlichem Gefälle zugeführt und hat kurz vor der Reinigungsanlage einen langen Düker zu durchfliessen. Es gelangt dann zunächst in einen Sandfang, in welchem sich infolge Verlangsamung der Durchflussgeschwindigkeit die schweren Bestandteile absetzen (vergl. Blatt 32). Ein Teil des Kanalwassers ist von dem Hauptzubringer abgezweigt und wird durch einen zweiten, in hoher Lage angeordneten Zubringer der Reinigungsanlage zugeführt. Man hat diese Einrichtung getroffen, um die Kraft des Wassers aus dem hoch liegenden Kanal zum Betriebe eines kleinen Wasserrades auszunutzen. Das Wasserrad betreibt das Rechenwerk, mit welchem die vor den Gittern des Sandfanges befindlichen Schwimmstoffe mechanisch abgehoben werden, und ferner den Bagger im Sandfang, mit welchem die sich hierselbst ablagernden Sinkstoffe herausgehoben werden. Ausserdem wird von dem Wasser-

Zubringer.

1) Das Wasser soll gelegentlich bis 60,7 mg Albuminoidammoniak pro 1 l enthalten.

Digitized by Google

rad noch das Rührwerk getrieben, mit welchem die Chemikalien aufgelöst werden, worüber weiter unten gesprochen werden wird.

Der Trockenwetterabfluss wird zu 2700 bis 3200 cbm pro Tag angegeben (pro Kopf und Tag 118 Liter). Die Wasserversorgung erfolgt durch die städtischen Wasserwerke von Liverpool. Der Wasserverbrauch pro Kopf und Tag beläuft sich auf etwa 90 Liter. Nach dem Jahresdurchschnitt berechnet, beträgt die tägliche, auf der Anlage behandelte Abwassermenge 4500 cbm oder 180 Liter pro Kopf der angeschlossenen Bevölkerung.

Chemische Zuschläge.

Während früher das gesamte Abwasser auf der Reinigungsanlage mit intermittierender Filtration auf Land gereinigt wurde, erfolgt seit dem Jahre 1895 die Reinigung mit Chemikalien in Klärbecken mit darauffolgender Behandlung in künstlichen Filtern. Als chemisches Fällungsmittel wird zur Zeit Eisenalaun (früher Ferrozone und nach diesem Ferral, ein ähnliches Produkt) gebraucht, welcher aus den Rohstoffen Eisenvitriol u. s. w. auf der Anlage selbst hergestellt wird. Derselbe wird auch an andere Städte und Orte zu einem Preise von 40 M. für die Tonne verkauft, wobei der Ort Chorley einen reinen Verdienst von 4000 Mk. jährlich erübrigt. Das Zusatzmaterial wird in Kuchenform hergestellt. Es wird in einer rotierenden Trommel mit einem Teil des Abwassers aus dem hoch gelegenen Kanal zu einer Lauge aufgelöst und in dieser Lauge dem übrigen Abwasser zugesetzt. Die rotierende Trommel wird von dem obengenannten Wasserrade angetrieben. Eine Skizze der Einrichtung befindet sich auf Blatt 33 Abb. 1. Das früher geübte Einstellen der Kuchen in den Abwasserstrom hatte sich nicht bewährt: viele, nicht aufgelöste Teilchen des Fällungsmittels fanden sich auf dem Boden der Klärbecken, und der Chemikalienverbrauch war ein etwa 3mal höherer als jetzt bei Anwendung der rotierenden Trommel. Die Menge des zugesetzten Eisenalauns, welche je nach der Konzentration des Abwassers eine verschieden grosse ist, beträgt durchschnittlich 120 g für jedes Kubikmeter Abwasser. Die grösste zugesetzte Menge beläuft sich auf über 155 g pro 1 cbm Abwasser, die geringste Menge auf nur ca. 90 g auf das Kubikmeter.

Klärbecken.

Das Wasser gelangt nach dem Zusatz der Chemikalien in ein Mischgerinne, welches in einer Länge von etwa 100 m den Klärbecken quer vorgelagert ist. Von hier wird es in die Klärbecken eingelassen, von denen 8 vorhanden sind, jedes 14.6 m breit, 27 m lang und 1,5 m tief. In den Klärbecken kann eine Abwassermenge von

insgesamt 5100 cbm, also etwa die mittlere Abwassermenge eines Tages untergebracht werden. Auf die Trockenwetterabflussmenge berechnet, kommen auf 1 cbm Abwasser 1,6 bis 1,9 cbm Beckeninhalt. Der Betrieb der Klärbecken ist bei regenfreier Zeit ein unterbrochener, wenn viel Regenwasser kommt, ein ununterbrochener. (Versuche mit ununterbrochenem Betrieb bei regenfreier Zeit hatten kein befriedigendes Ergebnis). Das Wasser steht in jedem Klärbecken im allgemeinen 3 bis 4 Stunden lang und wird danach mit Schwimmerarmen abgelassen. Der Schaum und sonstige an der Oberfläche schwimmende Bestandteile werden von dem Schwimmerarm durch eine schwimmende Bohle abgehalten (vergl. Blatt 33 Abb. 2). Ausserdem liegt die Oberkante des Schwimmerarms etwa 8 cm unter dem Wasserspiegel, wodurch gleichfalls schwimmende Bestandteile von der Ableitung abgehalten werden.

Schlamm. Der am Boden liegende Schlamm wird nach jeder zweiten Entleerung der Klärbecken mit Schrubbern und Besen herausgeschoben. Die Erfahrung hat gelehrt, dass das Wasser in den Klärbecken für die weitere Behandlung ungeeignet wird, wenn der Schlamm nicht tunlichst bald aus den Klärbecken entfernt wird. Der Schlamm geht nämlich in Fäulnis über und teilt sich dem Wasser mit, sodass das Wasser mit einer ziemlich bedeutenden Menge suspendierter Stoffe die Klärbecken verlässt, wodurch die Reinigung in den nachfolgenden Filtern unmöglich, mindestens aber sehr erschwert wird. Die Menge des gewonnenen flüssigen Schlammes beträgt täglich etwa 75 cbm (mit einem Wassergehalte von 90 %), das macht etwa 16 Liter für 1 cbm der mittleren Abwassermenge. Er fliesst durch einen unterirdischen Kanal in den Keller des Filterpressenhauses und wird, nachdem er vorher mit Kalkmilch versetzt worden ist, in Filterpressen in Kuchenform gepresst. Man braucht hierzu täglich etwa 380 kg Stückenkalk, etwa 5 kg für das Kubikmeter flüssigen Schlamm. Man hat gefunden, dass es zweckmässig ist, den Kalk von bester Beschaffenheit (mit möglichst viel wirksamem CaO) zu verwenden. Der Schlamm wird mit Druckluft von $6^1/_2$ Atm. Ueberdruck in die Filterpressen gedrückt, von denen 3 vorhanden sind. Das aus den Filterpressen abfliessende, stark kalkhaltige Wasser wird in die Klärbecken zurückgeleitet und dient hier in Verbindung mit dem Eisenalaun zur Klärung des Abwassers, insbesondere, wenn dieses die Gerberei- und Schlachthausabwässer enthält. Es hat übrigens eine intensiv gelbe Farbe. Es werden täglich etwa 7000 kg gepresster

Digitized by Google

Schlamm gewonnen, d. h. im Mittel 1,56 kg auf 1 cbm Abwasser (Dünnwasser). Der Schlamm wird in dem Zustande, in welchem er aus der Presse herauskommt, an die benachbarten Landwirte, welche ihn von der Reinigungsanlage abholen, zu einem Preise von 1,50 M. pro Wagenladung verkauft.

Eine relativ geringe Menge dieses Schlammes wird versuchsweise in einer kleinen, auf der Reinigungsanlage befindlichen Anlage vergast. Durch diesen Versuch will man sich schon jetzt über eine andere Beseitigungsart des Schlammes orientieren, falls wider Erwarten einmal Schwierigkeiten hinsichtlich der Schlammabgabe an die Landwirte entstehen sollten. Bei diesen Versuchen wurde ein Gas „von 20 Lichtstärken" erhalten. Das bei der Vergasung gewonnene Gaswasser wurde mit Erfolg auf schwefelsaures Ammoniak verarbeitet.

Die Reinigung des aus der Gerberei und dem Schlachthaus stammenden Wassers macht besondere Schwierigkeiten. Diese Wässer werden alle Woche einmal der Kanalisation zugeleitet. Man erkennt die Ankunft derselben auf der Reinigungsanlage an der Farbe. Man leitet dieses Wasser stets in ein und dasselbe Klärbecken, in das auch, wie vorerwähnt, das gesamte Kalkabflusswasser aus den Filterpressen eingeleitet wird, und setzt ihm einen grösseren Prozentsatz von Chemikalien, ausserdem aber eine gewisse Menge von Kalkmilch zu. Bei dieser Betriebsart sollen die genannten Abwässer sich befriedigend klären lassen und der Nachbehandlung in den Filtern keine Schwierigkeiten mehr entgegensetzen. Schlachthaus und Gerbereiabwässer.

Aus den Klärbecken fliesst das Wasser verhältnismässig klar ab, wovon wir uns am Besichtigungstage überzeugen konnten. Es wird über künstliche Filter geleitet. Es sind deren 15 an der Zahl vorhanden mit einer Gesamtgrundfläche von 2000 qm. Davon sind 6 Filter je 5 m breit, 17 m lang und 1 m tief, die übrigen je 5 m breit, 34 m lang und 1 m tief. Die Becken haben eine Sohle aus Beton und senkrechte, aus Mauerwerk hergestellte Wände. Auf dem Boden liegt neben den beiden Längswänden je eine halbkreisförmige, durchlöcherte Schale, welche zur Abführung des Wassers und zur Durchlüftung des Beckens dient. Die Schale steht durch einige senkrechte Röhren mit der Aussenluft in Verbindung (vergl. Abb. 3 auf Blatt 33). Das Füllmaterial jedes Beckens ist in 3 verschiedenen Schichten eingebaut. Die unterste, 60 cm hohe Schicht besteht aus grobem Kies, welcher seiner Hauptmasse nach aus runden Kieselsteinen zusammengesetzt ist. Darauf folgt eine 22,5 cm starke Schicht, welche aus Künstliche Filter.

Digitized by Google

Polarite[1] und gesiebtem Sande im Verhältnis 3:2 besteht. und schliesslich eine $17^1/_2$ cm starke Schicht aus gesiebtem Sand. welcher ein sehr gleichmässiges, von tonigen Bestandteilen völlig freies Korn von 0.5 bis 1 mm hat. Das Korn der zweiten Schicht ist etwas gröber. Während man die auf der Anlage erzielte günstige Reinigung des Abwassers früher gerade der Wirkung des Polarite zuschrieb, ist man heute der Ansicht, dass die Polariteschicht durch andere eisenhaltige Massen von billigerem Preise sehr wohl ersetzt werden kann. Das Polarite kostet nämlich 120 Mk. für die Tonne (= 0.6 cbm), während Schlacken von Kesselrosten oder von Müllverbrennungsöfen höchstens 10 Mk. die Tonne kosten würden.

Die Verteilung des Abwassers auf die Filterbecken geschieht mit selbsttätig wirkenden Apparaten. Zu diesem Zwecke ist jedem Filterbecken ein Vorbecken vorgeschaltet, welches bei einer Tiefe von 0.45 m einen Fassungsraum von etwa 11 cbm hat. Das Wasser fliesst aus dem Speisekanal den Vorbecken ununterbrochen zu und wird, sobald das Vorbecken gefüllt ist, durch einen selbsttätigen Heber auf das zugehörige Filterbecken geleitet (vergl. Abb. 4 auf Blatt 33). Die Füllung des Vorbeckens dauert etwa 30 Minuten und die Ableitung des Wassers aus dem Vorbecken auf das zugehörige Filterbecken etwa 10 Minuten, sodass jedes Filterbecken alle 40 Minuten einmal mit dem Inhalt von 11 cbm übergossen wird. Das Wasser wird durch eine Holzrinne, welche in der Mitte des Filters auf dem Filtermaterial aufliegt und mit seitlichen Löchern versehen ist, auf das Filter geleitet. Es versickert sehr schnell unmittelbar nach der Aufleitung und kommt schon nach dem Verlauf von wenigen Minuten unten zum Abfluss. Die Filter sind also während jeder 40 Minuten langen Periode etwa 10 Minuten in Tätigkeit und ruhen 30 Minuten lang; während dieser Zeit regenerieren sie sich und füllen sich von neuem mit Luft. Bei den 9 grossen Filtern haben die einzelnen Perioden nur eine Dauer von 20 Minuten, sodass hier die Ruhepause bis auf 10 Minuten herabgedrückt ist. Man kann auf diese Weise bei Tag- und Nachtbetrieb die Filterflächen bis zu 4.4 cbm auf das Quadratmeter in 24 Stunden beanspruchen. In Wirklichkeit wird durch die Filteranlage pro Tag nicht unerheblich weniger gereinigt, und zwar kommen unter Abzug der in Reinigung befindlichen Filterfläche im Mittel etwa 2.6 cbm

1) Vergl. Beschreibung von Wealdstone S. 66.

Digitized by Google

Abwasser für das Quadratmeter Filterfläche bezw. das Kubikmeter Filtermaterial gereinigt.

Die Heberapparate sind diejenigen von Adams[1]. Sie sind auf Blatt 33 Abb. 4 zur Darstellung gebracht. Das Abflussrohr des Hebers hat einen Wasserverschluss mit der Höhe h 2. Der Wasserverschluss wird erst gebrochen, wenn das Wasser im Vorbecken so hoch gestaut ist, dass h 1 grösser als h 2 geworden ist. Dann wird infolge des Ueberdruckes das Wasser aus dem Wasserverschluss plötzlich herausgeschleudert, und der Heber tritt in Tätigkeit.

Das Filter wird jede Woche einmal gewaschen. Es sind also jeden Tag 3 Filter in der Wäsche begriffen. Das Waschen geschieht, indem man unter gleichzeitiger Auflockerung der Filteroberfläche Wasser in umgekehrter Richtung durch das Filter hindurchleitet. Man füllt, um ein Filter zu waschen, die in der Wäsche befindlichen beiden anderen bis zur oberen Kante der Umfassungsmauer mit Wasser, welches aus den Klärbecken stammt. Darauf öffnet man die am Boden befindlichen Verbindungsrohre zwischen den Becken. Das Wasser dringt von den mit Wasser gefüllten Becken durch die Verbindungsrohre hindurch in das zu waschende Becken von unten her ein, durchströmt es von unten nach oben und fliesst an der Oberfläche ab. Indem man auf die beiden anderen Filter immer von neuem Wasser aufleitet, fliesst durch das zu reinigende Filter immer mehr Wasser ab. Während der Dauer der Wäsche wird die Filteroberfläche mit dem unten erwähnten Apparat aufgelockert. Das abfliessende Wasser wird durch kleine vertiefte Becken hindurchgeführt und in diesen von einem Teil des mitgeführten Sandes befreit. In einem in der Nähe der Filter angeordneten besonderen Becken setzt es darauf die letzten Reste von Sand und einen grossen Teil der Schwebe- und Schmutzstoffe ab. Das abgeklärte Wasser wird aus diesem Becken mit Dampfpumpen in den Zubringerkanal geleitet und gelangt von neuem in die Reinigungsanlage. Filterwäsche.

Die für die Filterwäsche verbrauchte Wassermenge beträgt etwa 1,5 % des gesamten Abwasserzuflusses, und die Sandmenge, welche sich bei der Wäsche in den kleinen Sandfängen ablagert, beläuft sich auf etwa 50 kg im Monat. Die Abb. 5 auf Blatt 33 zeigt die Ansicht eines Filters während der Wäsche. Der auf der Zeichnung sicht-

1) Vergl. auch die Beschreibung von Sutton S. 43.

bare Apparat zum Auflockern der Oberfläche während der Wäsche ist nicht mehr in Tätigkeit.

Reinigungserfolg. Das gereinigte Wasser wird im offenen Gerinne über einen sehr steilen Abhang hinuntergeleitet und gelangt in den Yarrowfluss, welcher am Fuss des Abhanges fliesst und eine wassergefüllte Breite von etwa 15 m hat. Der Yarrowfluss mündet einige Meilen unterhalb der Reinigungsanlage in den Ribble.

Das am Besichtigungstage dem Vorfluter zugeleitete, aus den Filterbecken ausfliessende Abwasser besass das Aussehen eines Quellwassers. Während seines Falles den Abhang hinunter, wobei es stark zerstäubte, machte sich Geruch in keiner Weise bemerkbar. Eine unmittelbar hinter den Filterbecken entnommene Probe (vergl. Anlage V zu 12) war nahezu klar, wasserhell und von schwach gelblicher Farbe. Ihre Durchsichtigkeit lag über 25 cm. Der Geruch des Wassers war etwas eigentümlich und zugleich modrig. Suspendierte Stoffe fehlten dem Wasser vollständig. Bei der Aufbewahrung der Probe wurde das Wasser unter Ausscheidung eines unbedeutenden Niederschlages vollständig klar, der Geruch des Wassers wurde ein mehr mooriger; eine Nachfaulung der Probe war nicht eingetreten. Es gelingt also in Chorley, durch chemische Vorklärung mit anschliessender Filterung in künstlichen Filterkörpern dem dortigen Abwasser seine Fäulnisfähigkeit vollständig zu nehmen. Analytisch betrachtet, zeigte das etwas über 100 mg Chlor pro Liter enthaltende Wasser einen Kaliumpermanganatverbrauch von etwa 70 mg; organischer Stickstoff fanden sich etwa 2,0 mg, Ammoniak etwa 14 mg im Liter. Nitrate waren in der geschöpften Probe in nicht unerheblichen Mengen enthalten, ein bei dem geübten Betriebe der Filterkörper beachtenswerter Befund.

Von Naylor, dem leitenden Ingenieur des Ribble District Drainage Board, werden über die Abflüsse aus den Filterbecken von Chorley (vergl. Anlage III zu 12) folgende Ergebnisse angegeben (mg pro Liter):

Durchschnitt: Albuminoidammoniak 0,7;
bestes Ergebnis: Albuminoidammoniak 0,26;
schlechtestes Resultat: Albuminoidammoniak 1,68.

Da, wie oben angegeben, das Rohwasser im Durchschnitt 8,0 mg Albuminoidammoniak enthält, so berechnet sich hiernach der mittlere Reinigungseffekt zu rund 90% (vergl. Anlage IV zu 12).

Kosten. Die Reinigungsanlage nimmt eine Fläche von etwa 2,4 ha ein.

Mit Ausschluss der Kosten für den Grunderwerb hat die Herstellung der Anlage etwa 400 000 Mk. gekostet, d. i. 16,0 Mk. pro Kopf der angeschlossenen Bevölkerung. Auf der Anlage sind 5 Arbeiter und 1 Aufseher täglich je 10 Stunden beschäftigt; während der Nacht ist eine Aufsicht nicht erforderlich, da nur sehr wenig Wasser zufliesst. Die Betriebskosten haben mit Ausschluss der Verzinsung und Schuldentilgung in den letzten Jahren 24 600 Mk. betragen, das macht 1,5 Pfg. pro cbm Abwasser (Dünnwasser). Die Verzinsung beträgt $3^1/_2$ % und die Schuldentilgung $2^1/_2$ % des Anlagekapitals.

13. York.

York ist eine alte, verhältnismässig schön gebaute Stadt mit mächtiger alter Kathedrale und hat etwa 80 000 Einwohner. Die Strassen, zumeist mit Holzpflaster oder mit Pflaster aus Reihensteinen versehen, sind vielfach eng, machen aber einen freundlichen Eindruck. Die Stadt ist nach dem Mischsystem entwässert[1]) und nimmt Vorflut nach dem Ousefluss (Yorkshire-Ouse), einem bei der Reinigungsanlage von York etwa 60 m breiten, ziemlich stark fliessenden Strom, welcher sich in den Humber ergiesst. Die in den letzten 25 Jahren beobachtete geringste Wasserführung der Ouse beläuft sich auf etwas über 7 cbm pro Sekunde. Die Ouse durchfliesst offenbar ton- und lehmhaltiges Gelände, denn ihr Wasser führt gelegentlich ausserordentlich viel Schlick und Schlamm. Der Flutwechsel der Ouse muss verhältnismässig gross sein, denn einige Tage vor unserer Anwesenheit in York war die Ouse infolge grossen Regens über die Ufer getreten, und man konnte die Spuren des Hochwassers auf der Reinigungsanlage der Kanalisationswerke in beträchtlicher Höhe über dem gewöhnlichen Wasserspiegel beobachten. Allgemeines.

Die Stadt York entnimmt ihr Trinkwasser dem vorgenannten Flusse, aber oberhalb der Stadt, und reinigt dasselbe durch Sandfilterwerke. Der Wasserverbrauch beläuft sich auf etwa 150 Liter pro Tag und Kopf der Bevölkerung. Zur Reinigungsanlage gelangen als Trockenwetterabfluss etwa 200 Liter auf den Tag und Kopf der Bevölkerung, insgesamt also etwa 16 000 cbm auf den Tag. Das Abwasser besteht ausschliesslich aus häuslichen Brauchwässern (die Menge der Fabrikabwässer ist so unbedeutend, dass sie vernachlässigt werden Abflussmengen.

1) Nach anderen Angaben soll ein Teil des Regenwassers besonders abgeleitet werden.

kann). Nach den uns gewordenen Mitteilungen soll das Mehr an Wasser darauf zurückzuführen sein, dass die unterirdischen Kanäle mit dem Wasser der Ouse in Verbindung stehen und von dieser dauernd gespeist werden. Angeblich sollen nämlich in der Stadt York Kanäle bestehen, welche bereits von den alten Römern hergestellt und noch heute im Betrieb sein sollen. Diese Kanäle seien früher direkt in die Ouse geleitet worden und sollen auch heute noch mit ihr in Verbindung stehen. Da die Lage dieser alten Kanäle aber unbekannt ist, so sei man nicht imstande, diesen Zustand zu beseitigen. Wir unsererseits sind der Auffassung, dass das Mehr an Wasser, wie auch anderswo, sich vorwiegend aus Brunnen- und Flusswasser für Wohnhäuser, sowie aus Grundwasser, welches durch undichte Wandungen in die Kanalisationsleitungen eindringt, zusammensetzt.

Hebewerk. Das Gelände von York und seiner Umgebung ist im Gegensatz zu den anderen von uns besichtigten Orten eben und flach gestaltet; es ist daher nicht möglich gewesen, die unterirdischen Kanäle nach der Reinigungsanlage, welche von dem Mittelpunkt der Stadt 6,5 km entfernt in Naburn liegt, mit natürlichem Gefälle zu leiten. Man war vielmehr gezwungen, auf der Mitte des Weges in Fulford ein Hebewerk einzurichten, welches das Wasser mit Kolbenpumpen zur Reinigungsanlage drückt und dabei je nach den Zuflüssen eine Druckhöhe von 6 bis 12 m zu überwinden hat. Bevor das Wasser zu den Pumpen gelangt, hat es ein Grobgitter zu durchfliessen, mit welchem die groben Schwebestoffe: Papier, Lappen, Stroh u. s. w., abgefangen werden. Ein Sandfang ist auf dem Hebewerk nicht vorhanden. Sand, Kaffeegrund u. s. w. werden vielmehr mit dem Abwasser von den Pumpen direkt aufgenommen und der Reinigungsanlage zugeführt. Die Pumpenanlage hat einen verhältnismässig geringen Umfang und kann nur wenig mehr Wasser als den Trockenwetterabfluss aufnehmen. Der Rest wird durch die innerhalb des Stadtgebietes vorhandenen Notauslässe der Ouse überliefert.

Das Abwasser braucht im ganzen 5 Stunden, bis es aus der Stadt auf die Reinigungsanlage gelangt. Dieselbe wurde in den Jahren 1890 bis 1894 errichtet; sie liegt unmittelbar neben dem Ousefluss auf einem Gelände, welches nach dem Ufer zu ein Gefälle von etwa 3 m aufweist.

Beschaffenheit des Rohwassers. Das Abwasser, welches sich, wie gesagt, fast ausschliesslich aus Hausabwässern zusammensetzt, besitzt nach den aus der Literatur ersichtlichen Angaben folgende mittlere Zusammensetzung (vergl. Anlage I zu 13b): Suspendierte Stoffe 883,2;

Digitized by Google

Ammoniak 55,1; Albuminoidammoniak 7,6; Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 49,5; Chlor 208,0 (alle Werte in mg pro 1 Liter). Wie uns mitgeteilt wurde, soll es, trotzdem es sich nur aus häuslichen Abwässern zusammensetzt, der Reinigung erhebliche Schwierigkeiten entgegensetzen. Zur Zeit wird es mit Eisenalaun[1]) in Klärbecken gereinigt. Zu diesem Zweck wird dem Wasser, nachdem es zwei Feingitter und einen Sandfang passiert hat (vergl. Abb. 1 auf Blatt 34), in einem besonderen Kanal Eisenalaun in Kuchenform und zwar derartig zugesetzt, dass das Wasser die Kuchen umspült und dieselben hierbei langsam auflöst. Es werden im Mittel für das Kubikmeter Abwasser 59 g Chemikalien verbraucht. Das Wasser wird darauf gleichmässig auf die zur Verfügung stehenden Klärbecken verteilt, von denen jedes bei 2,5 m Tiefe etwa 1150 cbm Wasser fassen kann und etwa 11 m breit und 45 m lang ist. Im ganzen sind 6 Becken vorhanden; doch dienen zur Zeit nur 5 für die chemische Fällung, während das sechste, wie später erwähnt werden wird, direkt mit Rohwasser beschickt und als offenes Faulbecken betrieben wird. Das Wasser durchströmt die Klärbecken in ununterbrochenem Strom und fliesst am entgegengesetzten Ende in eine offene Rinne und von hier durch eine unterirdische Leitung dem Ousefluss zu.

Chemische Zuschläge.

Klärbecken.

Die durch die chemische Behandlung des Wassers erzielte Reinigung ist, wie die Untersuchungsergebnisse, auf welche hier nicht weiter eingegangen werden soll, erkennen lassen, keine genügende und entsprach nicht den Anforderungen der Aufsichtsbehörde (West Riding Rivers Board).

Schlamm.

Die Klärbecken werden periodisch entleert. Der Schlamm wird, nachdem er mit einem Kalkzusatz versehen worden ist, mit Filterpressen in Kuchenform gepresst und unentgeltlich an die Landwirte abgegeben. Es werden täglich etwa 1000 kg gepresster Schlamm gewonnen und etwa 900 kg Stückenkalk (50 g für 1 cbm Trockenwetterabfluss) täglich verbraucht.

Kosten.

Die Baukosten werden für die Reinigungsanlage exkl. Landerwerb zu rund 700 000 M. (8,8 M. pro Kopf der Bevölkerung) angegeben. Die Kosten für die Reinigung des Abwassers mit Ausschluss der Kosten für Verzinsung und Schuldentilgung stellen sich auf etwa 0,8 Pf. für 1 cbm. In diesem Preise sind die Kosten für die Hebung des Wassers auf der Pumpstation nicht enthalten.

1) Bis Dezember 1896 mit Kalk und Eisenalaun.

Digitized by Google

Versuche. Mit Rücksicht auf den ungenügenden Reinigungseffekt und die unzureichende Grösse der Reinigungsanlage wurde die Stadt York von dem Local Government Board veranlasst, das aus den Klärbecken zum Abfluss gelangende Wasser vor der Einleitung in die Ouse noch einer Behandlung auf Land zu unterziehen. Diesem Ansinnen konnte die Stadt nicht nachkommen, weil, wie sich aus Versuchen ergeben hatte, für die Landbehandlung geeigneter Boden in der Nähe von York nicht vorhanden war. Es wurden daher mit Genehmigung des Local Government Board seit April 1899 auf dem Grundstück der Reinigungsanlage verschiedene Versuchsanlagen errichtet und an diesen eine Reihe von Versuchen angestellt zur anderweitigen Reinigung des Yorker Abwassers. Die Versuche waren die Folgenden:

a) geschlossenes Faulbecken und einfaches Füllverfahren;
b) rohes Abwasser und doppeltes Füllverfahren;
c) rohes Abwasser und Stufenfilter;
d) offenes Faulbecken und Tropfverfahren;
e) offenes Faulbecken und doppeltes Füllverfahren;
f) Nachbehandlung des zu a) behandelten Wassers auf vorbereitetem Lande;
g) offenes Faulbecken und nachfolgende unterbrochene Filtration durch ein Kiesfilter hindurch.

Wo und in welchem Umfange diese Versuche angestellt wurden, ist aus dem Lageplan, Blatt 34, zu entnehmen. Es ist bereits erwähnt worden, dass zur Einrichtung des offenen Faulbeckens eins von den vorhandenen 6 Klärbecken benutzt worden ist, dass aber die anderen Versuchsanlagen auf dem Grundstück der Reinigungsanlage neu eingebaut worden sind. Nach 1 bis $1^1/_2$ jährigem Betrieb haben von diesen Versuchen die Verfahren zu a und c nicht genügende Reinigungseffekte[1]) gegeben. Zu c muss noch bemerkt werden, dass es sich bei dem Stufenfilter um eine Anlage handelt, welche auf Blatt 34 Abb. 2 dargestellt ist. Das Wasser durchfliesst in ununterbrochenem Strom einzelne etwa 0,6 m tiefe, 3,0 m lange und 1,0 m breite Filter in zehnfacher Stufe nacheinander. Die Verfahren zu b und e haben zwar das Wasser in genügender Weise zu reinigen vermocht; ihr Betrieb war aber verhältnismässig teuer, da die Reinigungskörper verhältnismässig wenig Wasser zu reinigen vermochten und im Vergleich zu der gereinigten Abwassermenge grosse Flächen

1) Bezüglich der bei a und c sowie bezüglich der bei den übrigen Versuchen erzielten Reinigungseffekte vergl. Tabelle 19 auf S. 153.

in Anspruch nahmen. Bei Versuch b wurde ausserdem eine sehr rasche Verschlammung der oberen Stufe der Füllbecken festgestellt. Die Nachbehandlung zu f scheiterte daran, dass das zur Verfügung stehende Land für die Wasserreinigung völlig ungeeignet war. Der Versuch zu g ergab nicht genügende Resultate. Er wurde im übrigen in der Weise angestellt, dass das von den Faulbecken kommende Wasser in einem Behälter aufgespeichert wurde und sich, nachdem es hier eine bestimmte Höhe erreicht hatte, mit einem Mal über die Filteroberfläche ergoss, dieselbe bis zu 5 cm überstauend. Das Wasser durchfloss das Filter, ohne sich in demselben aufzuhalten, und wurde direkt in den Abzugsgraben geleitet.

Versuche mit Tropfkörper I.

Der Versuch zu d hat die besten Resultate ergeben, sowohl was die Qualität als die Quantität des gereinigten Wassers anbetrifft. Dieser Versuch wurde im Juli 1900 begonnen und ist seit dieser Zeit bis jetzt ununterbrochen fortgesetzt worden.

Aufbau des Tropfkörpers I.

Der Tropfkörper (das sogen. Yorkfilter), welcher in Abb. 3 auf Blatt 34 dargestellt ist, ist mit Schlacken aus Kesselrosten sowie mit Koks aufgebaut. Eine Sortierung des Materials, dessen Korngrösse zwischen ca. 12,5 und 62,5 mm liegt, hat nicht stattgefunden; man hat sich darauf beschränkt, die feinsten Bestandteile aus dem Material auszusieben und hat den Rest, wie er da war, aufgebaut. Der Tropfkörper hat eine Höhe von 2 m und ist kreisrund mit einem Durchmesser von 20 m, also mit einer Oberfläche von rd. 300 qm. Die Sohle des Tropfkörpers ist aus Beton hergestellt und von dem Mittelpunkt nach aussen hin mit einer Abwässerung versehen. Die kreisförmigen Wände, die eine Höhe von etwa 2,5 m aufweisen, sind aus durchlochten Mauersteinen hergestellt. Das Füllmaterial wird in drei verschiedenen Höhenlagen von einem radial gerichteten System von durchlochten unglasierten Röhren durchbrochen, welche durch die Aussenmauer hindurch geführt sind und in Ergänzung der Wirkungsweise der durchbrochenen Wandungen den Zweck haben, dem Tropfkörper von aussen her Luft zuzuführen, welche aber in einiger Entfernung vor dem in der Mitte des Tropfkörpers stehenden Schacht aufhören, also nicht bis in den Schacht hineingeführt sind. Die Verteilung über den Tropfkörper erfolgt durch einen horizontal drehbaren Sprinkler, den sogenannten York-Sprinkler (vergl. Abb. 2 Blatt 35). Das Wasser durchrieselt den Tropfkörper in voller Höhe und kommt in kleinen, auf der geneigten Sohle radial angeordneten Kanälen nach aussen hin zum Abfluss in einen kreisförmigen, rings um den Tropf-

Digitized by Google

körper angelegten kleinen offenen Kanal, von wo es im gereinigten Zustande direkt in den Abzugsgraben gelangt. Die Kosten für die Herstellung dieses Tropfkörpers haben etwa 12000 M. betragen.

Fliegen und Würmer.

Während des Betriebes des Tropfkörpers wurde eine Reihe allgemein wichtiger Beobachtungen gemacht. Zunächst wurde festgestellt, dass bei schönem Wetter unzählige Schwärme von kleinen Fliegen (Psychoda) aus den Löchern in der Umfassungsmauer hervorkamen und sich in dichter Menge an die Aussenwand derselben ansetzten. Eine Untersuchung des Materials ergab das Vorhandensein zahlreicher roter und weisser kleiner „Würmer" sowie von Fliegen, von denen ein Teil zeitweise auch in den Abflüssen aus dem Tropfkörper zu beobachten war.

Einfluss der Lufttemperatur.

Neben diesen und anderen Beobachtungen wurde weiterhin der Einfluss niederer Lufttemperaturen auf den Reinigungseffekt studiert und hierbei festgestellt, dass bei den beobachteten Lufttemperaturen eine nachteilige Beeinflussung in keiner Weise bemerkt werden konnte. Die hierbei gemessenen Temperaturen sind aus der auf Seite 10 gegebenen Tabelle 3 ersichtlich. Eine bemerkbare Beeinflussung der im Tropfkörper befindlichen Luft wurde aber bei kaltem Winde beobachtet und zwar an der dem Winde zugekehrten Seite, sodass auf Grund dieser Feststellung ein Schutz gegen solche kalten Winde durch Einbau des Tropfkörpers, z. B. in Bodenvertiefungen, empfohlen wird.

Reinigungserfolg.

Das im „York-Filter" I gereinigte Wasser (vergl. Anlage V zu 13 b) war bei der Besichtigung nahezu klar, enthielt aber ebenso wie bei anderen grobkörnigen Tropfkörpern viele suspendierte, nicht mehr fäulnisfähige Partikelchen, welche man mit dem Wasser direkt in die Ouse leitet. Nach unserer Untersuchung bestehen diese Partikelchen hauptsächlich aus Eisenoxyd und etwas Schwefeleisen. Neben diesen Befunden wurden Reste von Muskelfasern, vereinzelte Nematoden, ferner Sarcinen und Trinemaschalen, desgleichen einige Sphaerotilusfäden nachgewiesen. Quantitativ untersucht, zeigte es sich, dass die am Besichtigungstage geschöpfte Probe 30 mg solcher Partikelchen mit 0,8 mg Eisen pro Liter enthielt. Das Wasser selbst war fast klar und die über dem Bodensatze stehende Flüssigkeit besass eine Durchsichtigkeit, welche über 25 cm lag. Das Wasser war fast geruchlos und zeigte eine schwach gelbliche Farbe. Bei dem Aufbewahren der Probe trat ein Nachfaulen nicht ein; das Wasser hatte also durch die geübte Behandlung seine Fäulnisfähigkeit verloren. Der Kaliumpermanganatverbrauch der von uns entnommenen Probe betrug 118,0 mg,

Digitized by Google

der Chlorgehalt 106,0 mg pro Liter; Ammoniak fanden sich 5,2, organischer Stickstoff nur 1,6 mg; Nitrate waren in der geschöpften Probe deutlich nachweisbar.

Seitens des leitenden Ingenieurs der Naburn-Abwasserwerke, A. Creer, werden über die Tropfkörperabflüsse (Körper I) folgende Werte (in mg pro Liter) mitgeteilt:

Durchschnitt: Ammoniak 2,5; Albuminoidammoniak 0,7; Nitratstickstoff (als Calciumnitrat) 127,3; Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 6,7 (vergl. Anlage III zu 13b);

bestes Ergebnis: Ammoniak 0,4; Albuminoidammoniak 0,6; Nitratstickstoff (berechnet wie oben) 159,3; Sauerstoffverbrauch 6,3;

schlechtestes Resultat: Ammoniak 4,3; Albuminoidammoniak 1,1; Nitratstickstoff (berechnet wie oben) 161,6; Sauerstoffverbrauch 15,1.

Bezüglich der bei den einzelnen Versuchen (a bis e) erreichten Reinigungseffekte ist nachstehende tabellarische Zusammenstellung No. 19 zu vergleichen (vergl. auch Anlage IV). In die Tabelle sind die bei Versuch g erlangten Resultate nicht eingetragen, da hierbei, wie bereits erwähnt, der Reinigungseffekt ganz unzureichend war.

Tabelle 19.

Bezeichnung des Versuches	Art des Versuches	Abnahme in % Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe)	Albuminoidammoniak
a	Geschlossenes Faulbecken und einfaches Füllverfahren	65.5	62.0
b	Rohes Abwasser und doppeltes Füllverfahren . .	80.0	72.0
c	Rohes Abwasser und Stufenfilter	44.2	36.6
d	Offenes Faulbecken und Tropfverfahren	84.5	90.0
e	Offenes Faulbecken und doppeltes Füllverfahren . .	78.6	87.6

Der Tropfkörper (York-Filter) ist seit 1900 bis jetzt Tag und Nacht in ununterbrochenem Betrieb gewesen; er hat während dieser Zeit nur einige Tage, etwa 40 bis 50, geruht. Die Sprinkler-Röhren werden alle Tage mit einer Bürste gereinigt. In den ersten Wochen wurde der Tropfkörper mit 1,15 cbm pro qm und Tag (= 24 Stunden) beschickt. Später konnte man die Wassermenge bis auf 2.7 cbm für

Betrieb des Tropfkörpers I

Digitized by Google

das Quadratmeter Tropfkörperfläche erhöhen, ohne dass ungünstige Reinigungseffekte erzielt wurden. Es sind während der ganzen Betriebszeit im Durchschnitt 2,44 cbm auf das Quadratmeter Oberfläche oder 1,22 cbm auf das Kubikmeter Körpermaterial in je 24 Stunden aufgelassen worden.

Die erhaltenen Resultate sind so ermutigend, dass sich die Stadtgemeinde entschlossen hat, die ganze Reinigungsanlage nach diesem System einzurichten. Die hierfür aufzuwendenden Kosten (exklusive etwaiger Kosten für Landerwerb und für Kanäle) werden zu 500000 M., die jährlichen Betriebskosten (exklusive Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals) zu 8000 M. geschätzt. Die Entscheidung des Local Government Board über die beabsichtigte Neuanlage steht noch aus. Man gibt sich der Hoffnung hin, dass man mit solchem Tropfkörper dauernd 2,5 cbm auf je 1 qm Oberfläche (in 24 Stunden) wird reinigen können.

Kosten.

Offenes Faulbecken.

Das offene Faulbecken, welches zur Vorbehandlung bei den einzelnen Versuchen in Benutzung war, ist während der Versuche $^3/_4$ Jahre lang ununterbrochen im Betrieb gewesen und alsdann, nämlich im März 1901, untersucht worden. Man hat angeblich nur sehr geringe Schlammmengen (ca. 300 cbm mit einem Wassergehalt von 89,3 %) vorgefunden. Während der ganzen Dauer des Betriebes hatte sich keine eigentliche Schwimmdecke, sondern nur ein leichter Schaum gebildet, welcher so dünn war, dass auch der leichteste Regen oder Windstoss ihn wieder zerriss. Es wurde während der Versuchszeit täglich eine Abwassermenge, welche gleich dem Fassungsraum des Beckens war, durch den Faulraum hindurchgeschickt. Im März 1901 wurde das Becken gereinigt und ist seit dieser Zeit wieder andauernd in Betrieb. Bezüglich der chemischen Beschaffenheit der Faulbeckenabflüsse sei auf Anlage II zu 13 b verwiesen.

Versuche mit Tropfkörper II.

Um mit dem Tropfverfahren noch mehr Erfahrung zu sammeln, ist man zur Zeit dabei, einen zweiten Tropfkörper von grösseren Dimensionen herzustellen (vergl. Abb. 1 auf Blatt 35). Der Aufbau erfolgt in derselben Weise wie bei dem erstgenannten Tropfkörper; auch hier sind Hohlsteine für die senkrechte Mauer verwendet. Desgleichen sind in drei verschiedenen Höhen radial gerichtete, unglasierte Röhren zum Einführen der Luft angeordnet worden. Der Tropfkörper II hat einen Durchmesser von 30 m, besitzt also eine Oberfläche von 700 qm. Die Höhe des Füllmaterials beträgt 2,3 m. Man hat den Tropfkörper II durch radiale Wände in 4 verschiedene

Sektoren eingeteilt und jeden Sektor mit verschiedenem Material beschickt, den einen mit Hochofenschlacke, den zweiten mit Kesselrostschlacke, den dritten mit Ziegelsteinkleinschlag (Ziegelbrocken), den vierten mit Gaskoks. Der Bau und die Füllung waren zur Zeit der Besichtigung noch nicht beendet. Der neue Tropfkörper unterscheidet sich noch insofern von dem alten, als die aus Beton hergestellte Sohle nach innen zu geneigt ist. Im Mittelpunkt des Tropfkörpers II ist in die Sohle ein Rohr mit starkem Gefälle nach aussen eingemauert. Durch dieses Rohr sollen dem Sohlengefälle folgend die im gereinigten Wasser vorhandenen suspendierten Partikelchen zeitweise nach aussen abgeleitet werden, während das klare, reine Wasser in entgegengesetzter Richtung nach dem rings um den Tropfkörper angeordneten kreisförmigen Randkanal abfliesst und von hier dem Abzugsgraben zugeleitet wird. Die unter dem Material befindlichen Kanäle sind von einander durch radial gerichtete niedrige Mauern getrennt, auf welche die Tragekonstruktion für das Material des Tropfkörpers gelagert ist. Diese Tragekonstruktion besteht an dem äusseren und inneren Rande des Tropfkörpers aus Bruchsteinplatten, sonst aus horizontal liegenden Eisengittern von verhältnismässig grosser Maschenweite (vergl. Abb. 1a und 1b auf Blatt 35). Zwischen dem Wasserspiegel des nach aussen in den Randkanal abfliessenden Wassers und der Tragekonstruktion ist ein Luftraum von etwa 175 mm[1]). Man will beide Tropfkörper, den alten und den neuen, gleichzeitig betreiben und zu diesem Zweck ein zweites der vorhandenen Klärbecken als offenen Faulraum betreiben. Die beiden Tropfkörper haben eine Oberfläche von 1000 qm, werden also nach den bisher vorliegenden Erfahrungen voraussichtlich 2500 cbm jeden Tag zu reinigen vermögen. Da jeder Faulraum 1150 cbm Wasser zu fassen instande ist, so vermögen die beiden Faulräume ein ganzes Tagesquantum für die zwei Tropfkörper aufzuspeichern.

Tropfkörper II ist inzwischen fertig gestellt und Ende April 1903 in Betrieb genommen worden; über die bis Februar 1904 erlangten Ergebnisse hat Creer vor kurzem vor der „Association of Municipal and County Engineers“ in York eingehend Bericht[2]) erstattet. Der

1) In Abb. 1b ist dieser Luftraum, der neuen Angaben zufolge vorhanden ist, nicht zur Darstellung gebracht; der Tropfkörper taucht vielmehr, wie uns bei der Besichtigung angegeben wurde, in seinem unteren Teile nicht unerheblich in das gereinigte Wasser ein (vergl. den eingezeichneten Wasserspiegel).

2) Vergl. The Surveyor. Vol. XXV. No. 644, 645, 646. 1904.

Bericht behandelt sowohl die alten Anlagen wie die neue Versuchsanlage: er enthält eine Reihe charakteristischer Zeichnungen der beiden „York-Filter", auf welche besonders verwiesen sei.

Bezüglich der Ergebnisse, welche bei Tropfkörper II an den vorgenannten vier verschiedenen Materialien erlangt wurden, sei auf nachstehende Tabelle 20, in welche sowohl die absoluten Werte (Mittelwerte aus 5 Analysen) als die Reinigungseffekte eingetragen sind, verwiesen.

Tabelle 20.

mg pro 1 l	Rohwasser	Ziegelbrocken	Hochofenschlacke	Gaskoks	Schlacke von Kesselrosten
Sauerstoffverbrauch . . (Vierstundenprobe)	82,9	10,0 (88 %)	9,6 (88.5 %)	7,1 (91,6 %)	6,9 (91.7 %)
Albuminoidammoniak . .	16,9	1,7 (89,6 %)	1.5 (90.4 %)	1,1 (93.4 %)	1.2 (92.8 %)
Calciumnitrat	0	107,7	110,0	134,8	128.7

Zu diesen Ergebnissen sei bemerkt, dass Tropfkörper II täglich mit 1,9 cbm vorgefaultem Abwasser pro 1 qm Oberfläche, d. s. 0,8 cbm Abwasser pro 1 cbm Material, beschickt worden war. Hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit der vier verschiedenen Materialien teilt Creer mit, dass sich die einzelnen Materialien bislang in gleicher Weise bewährt hätten, doch könne auf Grund der relativ kurzen Betriebsperiode ein abschliessendes Urteil nach dieser Richtung hin noch nicht abgegeben werden.

An den beiden offenen Faulbecken, in welchen das Wasser, bevor es auf die Tropfkörper aufgegeben wurde, vorbehandelt wurde, konnten gleichfalls recht beachtenswerte Feststellungen, deren Wiedergabe aber hier zu weit führen würde, gemacht werden. Bemerkt sei nur, dass die beiden Becken nicht nebeneinander, sondern hintereinander geschaltet betrieben wurden.

14. Leeds (Knostrop).

Allgemeines über die Kanalisation von Leeds.

Leeds ist eine Fabrikstadt von 430 000 Einwohnern und wird von der Aire, einem Strom von etwa 25 m Breite, welcher 50 km unterhalb der Stadt in die Ouse (Yorksh.-Ouse) mündet, durchflossen. Die Stadt liegt auf hügeligem Gelände mit Höhenunterschieden bis

Digitized by Google

zu 130 m. Die ganze Stadt, welche eine Ausdehnung von 8750 ha hat, ist nach dem Mischsystem entwässert mit Notauslässen nach dem Airefluss. Die Gesamtlänge der unterirdischen Kanäle beträgt 670 km. Das Abwasser von zwei kleinen Vorstädten, Rodley und Bramley, mit einer Einwohnerzahl von etwa 4000 bis 5000, wird auf Rieselfeldern[1], welche eine Grösse von 24 ha haben, gereinigt. Rodley Sewage Works. Der Rest, d. h. fast die gesamte Stadt, schickt das Abwasser nach Knostrop, etwa 5 km vom Mittelpunkt der Stadt entfernt, woselbst sich die Reinigungsanlage befindet. Wir beschränkten uns auf die Besichtigung dieser Reinigungsanlage; unser Bericht bezieht sich daher lediglich auf diese. Das Abwasser fliesst der Reinigungsanlage in einem gemauerten Kanal von 2,5 m Breite und 2,4 m Höhe mit natürlichem Gefälle von 1 : 1634 zu und braucht vom Mittelpunkt der Stadt aus bis zur Reinigungsanlage eine Zeit von 3 bis 4 Stunden. Wasserklosetts sind noch nicht in der ganzen Stadt eingeführt. Ein Viertel der Stadt besitzt nämlich noch Gruben- oder Tonnenklosetts, welche aber nach und nach beseitigt und durch Wasserklosetts ersetzt werden. Neue Gebäude sind zur Anlegung von Wasserklosetts verpflichtet. Der Wasserverbrauch beträgt in der ganzen Stadt 73 000 cbm, also im Durchschnitt 170 Liter pro Tag und Kopf der Bevölkerung. Davon entfallen auf die Fabriken 23 000 cbm, während der Rest mit 50 000 cbm oder 116 Liter pro Tag und Kopf der Bevölkerung für die allgemeinen Zwecke Verwendung findet. Die Hauptfabriken Fabrikwasser. sind Gerbereien, Wollwäschereien, Färbereien, Kupfer- und Galvanisierungswerke, welche sämtlich das städtische Abwasser ausserordentlich stark verunreinigen und die Reinigung, namentlich infolge der Beimengung von Eisenlauge, Wollfasern und Farbstoffen sehr erschweren. Der Eisengehalt des Abwassers ist sehr hoch; es sollen in dem Trockenwetterabfluss eines einzigen Tages etwa 4 Tonnen Eisen, d. s. 588 mg pro cbm Abwasser, enthalten sein. Das Eisen stammt aus den Kupferwerken, in welchen das Kupfer auf nassem Wege aus seiner schwefelsauren Verbindung durch Eisenabfälle ausgefällt wird. Der hohe Eisengehalt wirkt auf das Abwasser stark desinfizierend und macht es geruchlos.

Die Fabriken sind berechtigt, das Fabrikwasser ohne vorherige Behandlung in die Kanalisation zu leiten. Man hat ihnen lediglich die Anordnung von Becken vorgeschrieben, welche so gross sein müssen,

1) Rodley Sewage Works.

Digitized by Google

dass sie die Tagesmenge voll aufzunehmen vermögen. Durch diese Vorschrift will man einerseits eine plötzliche Ueberschwemmung der Kanalisation verhindern, andererseits ein Abscheiden der suspendierten Stoffe aus dem Wasser erzielen.

Abflussmengen. Nach der Reinigungsanlage in Knostrop gelangen bei Trockenwetter im Durchschnitt täglich 68 000 cbm Abwasser, d. i. für den Kopf und Tag der angeschlossenen Bevölkerung 160 Liter. Diese Abflussmenge wird bei Regenwetter entsprechend vermehrt; jedoch ist der Hauptzubringer nur so gross, dass er den Abfluss von einem Regen mit einer Intensität von 1,25 mm Höhe in der Stunde aufzunehmen imstande ist, wodurch die Zuflussmenge auf der Reinigungsanlage auf 159 000 cbm im Tage, etwa das zweieinhalbfache des Trockenwetterabflusses, erhöht wird. Bei starken Regenfällen wird das Mehr an Abwasser den Notauslässen überwiesen.

Die Reinigungsanlage in Knostrop.

Gitter. Das Wasser geht auf der Reinigungsanlage zunächst durch Gitter von etwa 25 mm Stabweite, durch welche die groben Schwimmstoffe: Sand, Lappen, Stroh, Papier, Wollfasern u. s. w., abgehalten werden und welche von Zeit zu Zeit im Handbetrieb gereinigt werden (vergl. Abb. 1 auf Blatt 36). Die hier abgefangenen Stoffe werden unter Zusatz von Kohle oder einem ähnlichen Brennmaterial verbrannt. Das Abwasser wird auf der Reinigungsanlage sodann mit drei Zentrifugalpumpen, welche von Dampfmaschinen angetrieben werden, gehoben. Die Förderhöhe beträgt etwa 4 m. Die Zusammensetzung dieses durch die Pumpen gehobenen Rohabwassers (vergl. Anlage I zu 14a bis f) wird im Durchschnitt (Mittel von 6 Monaten) wie folgt angegeben: Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) 589,2; Ammoniak 39,8; Albuminoidammoniak 9,7; Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 95,0 mg pro Liter. Dem Wasser wird zu seiner Reinigung Kalk zugesetzt und zwar etwa 43 g auf je 1 cbm Abwasser. Das Wasser durchfliesst nacheinander mehrere Klärbecken, etwa je 6 (zu diesem Zweck liegen die Quermauern, welche die einzelnen Becken trennen und über welche das Wasser hinwegfliesst, dem Wasserfluss entsprechend je 5 cm tiefer als die vorhergehende Quermauer) und wird danach direkt in die Aire, welche an der Reinigungsanlage vorbeifliesst, hineingeleitet. Von den vorhandenen 19 Klärbecken sind 12 (die älteren, nämlich No. 1 bis 12) je 30 m lang, 18 m breit und im Mittel 1,8 m tief, während die anderen 7

Chemische Zuschläge.

Klärbecken.

Digitized by Google

(No. 13 bis 19) in der Grösse verschieden sind, aber die gleiche Tiefe haben. Die Gesamtoberfläche der Klärbecken beträgt 144 000 qm und das gesamte Fassungsvermögen 250 000 cbm. Auf 1 cbm des täglichen Trockenwetterabflusses kommen mithin 3,7 cbm Beckeninhalt. Die Becken sind in der Sohle und in den Umfassungswänden aus Mauerwerk hergestellt. Die Anordnung ist so getroffen, dass jedes Becken für sich zum Zwecke der Reinigung oder der Entwässerung ausgeschaltet werden kann. Der Schlamm wird aus den Becken periodisch entfernt, nachdem das obere Wasser mittelst Schwimmerarmen in die Aire abgelassen worden ist. Man gewinnt täglich 300 cbm flüssigen Schlamm mit einem Wassergehalt von 90 %, also etwa 4,4 Liter von jedem cbm des Trockenwetterabflusses. Der Schlamm wird auf Schlammtrockenplätze geleitet, welche den Rest der gesamten Reinigungsanlage einnehmen. In diesen wird der Schlamm soviel wie möglich entwässert und danach an die benachbarten Landwirte unentgeltlich zur Düngung abgegeben. Schlamm.

Das gereinigte Wasser ist trübe und fäulnisfähig. Durch die Kalkbehandlung haben die gelösten fäulnisfähigen Stoffe eine Zunahme erfahren; die suspendierten Stoffe sind um rund 87 %, der Sauerstoffverbrauch, dessen Bestimmung, wie üblich, im unfiltrierten Wasser vorgenommen wurde, ist um rund 60 % vermindert worden. Reinigungserfolg.

Die Reinigungsanlage hat eine Gesamtfläche von etwa 11 ha. Der Erwerb dieser Fläche im Jahre 1874 hat 104 000 M., also pro ha 9500 M. gekostet, während die Herstellung der Klärbecken, der Gebäude und Maschinen einen Kostenaufwand von 1 110 000 M. verursacht hat. Auf den Kopf der Bevölkerung gerechnet, haben die Kosten der gesamten Anlagen mit Einschluss der Grunderwerbskosten etwa 3,00 M. betragen. Die gesamten Betriebskosten der Reinigungsanlage mit Ausschluss der Kosten für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals haben im Jahre 1900 133 500 M. betragen, d. i. etwa 0,5 Pfennig für das cbm Abwasser (Trockenwetterabfluss). Diese verhältnismässig geringen Kosten sind zurückzuführen in erster Linie auf die geringe Menge von Kalkzuschlägen, ferner auf den Umstand, dass grosse, als Fällungsmittel dienende Eisenmengen kostenlos in dem Abwasser selbst mitgeführt werden, und endlich darauf, dass der Schlamm nicht mittelst Filterpressen, sondern auf Schlammtrockenplätzen entwässert wird. Auch beeinflusst diesen Preis der Umstand, dass eine Reihe von Becken überhaupt ohne Zuschläge lediglich als Faulbecken betrieben wird. Kosten.

Die Versuche in Knostrop.

Missstände.

Der Reinigungsgrad des Abwassers ist ein vollständig ungenügender insofern, als das gereinigte Abwasser eine grosse Menge Schlammteile enthält und ausserdem fäulnisfähig ist. Die Aufsichtsbehörde (West Riding Rivers Board) sah sich genötigt, dagegen einzuschreiten, und verlangte Anlagen, welche eine bessere Reinigung des Abwassers gewährleisten. Die Stadtverwaltung sah die Notwendigkeit der Herstellung neuer Anlagen ein; da aber geeignetes Land für die Berieselung in der Nähe der Stadt nicht vorhanden war, so musste nach einem anderen Verfahren gesucht werden, und als solches bot sich die biologische Reinigungsmethode. Da über diese Methode genügende Erfahrungen noch nicht gesammelt waren, so entschloss man sich im Jahre 1897, ausgedehnte Versuche anzustellen. Diese Versuche, die eine gewisse Berühmtheit erlangt haben, erstreckten sich darauf, festzustellen, ob es für die Reinigung der Leedser Abwässer vorteilhafter sei, Tropfkörper oder Füllkörper anzuwenden, und zwar letztere in einfacher oder in doppelter Stufe, und ob es ohne nachteilige Beeinflussung der qualitativen und quantitativen Leistungsfähigkeit der biologischen Körper möglich sei, diesen Körpern das rohe Abwasser zuzuleiten, oder ob es nicht vielmehr erforderlich sei, das Abwasser in Faulbecken vorzubehandeln, und zutreffendenfalls, ob offene oder geschlossene Faulbecken vorzuziehen seien. Die Versuche sind vom Jahre 1897 bis jetzt ununterbrochen unter Leitung von Colonel W. Harding und unter Mitwirkung von W. H. Harrison, dem Chemiker der Leedser Abwasserwerke, mit grosser Sachkenntnis ausgeführt worden. Es hat sich ganz allgemein gezeigt, dass es weder im Füll- noch im Tropfverfahren zweckmässig ist, das rohe Abwasser den Körpern zuzuleiten, weil, wie auch die Körper zusammengesetzt sein mögen, das Material derselben von den Schwebestoffen des Wassers rasch verschlammt wird und das nachfolgende Wasser nur in beschränktem Masse und schliesslich gar nicht mehr durchlässt. Ja, sogar solches Rohwasser, welches vorher durch ganz feine Siebe von den gröberen Schwimmstoffen befreit war, hat auf den Körpern nicht behandelt werden können, weil auch in diesem Fall die Oberfläche verschlammte, wobei hauptsächlich Wollfasern und Haare, sowie die schleimigen und schlammigen Bestandteile des Wassers eine hervorragende Rolle spielten.

Allgemeines über die Versuchsanstellung und die erlangten Ergebnisse.

Ueber die an den Absitz-, Klär- und Faulbecken sowie über die an den Füll- und Tropfkörpern angestellten Versuche ist dann im Einzelnen folgendes mitzuteilen:

Digitized by Google

a) Versuche über die Vorbehandlung des Abwassers.

Während der Dauer der Versuche hat man 7 von den vorhandenen Klärbecken, nämlich No. 10 bis 12 und 14 bis 17, zu offenen Faulbecken umgewandelt. Im Anfang wurden die offenen Faulbecken hintereinander geschaltet betrieben. Es stellte sich aber bald heraus, dass die ersten Becken jeder Reihe so rasch mit Schlamm gefüllt wurden, dass sie voll waren, bevor überhaupt eine intensive Fäulnis eintrat. Man hat daher die Becken nebeneinander geschaltet betrieben. Von diesen Becken, welche bis zu einer Wassertiefe von 2,3 m erhöht worden sind, haben je 3 einen Inhalt von 1135 und 4 je einen Inhalt von 2270 cbm. Das Rohwasser wird jedem Becken mit 5 bis 8 verschiedenen Röhren an verschiedenen Stellen, je etwa 0,9 m unter dem Wasserspiegel, zugeleitet. Die Ableitung findet etwa 0,6 m unter der Oberfläche statt. Der Betrieb der Faulbecken ist Tag und Nacht ununterbrochen. Diejenigen aus den Faulbecken abfliessenden Wassermengen, welche für die Beschickung der später erwähnten biologischen Körper nicht fernere Verwendung finden können, werden der Aire direkt zugeführt, denn es stellte sich heraus, dass der Abfluss aus den Faulbecken nicht viel schlechter beschaffen war als der Abfluss aus den Klärbecken nach der Kalkbehandlung. Etwa 2 Monate nach der Inbetriebsetzung jedes einzelnen Faulbeckens machte sich auf der Oberfläche die sogenannte Schaumbildung (Schwimmdeckenbildung) bemerkbar. Dieselbe vermehrte sich im Laufe der Zeit, nahm aber später, namentlich in den Wintermonaten bei Frost, wieder ab, verschwand darauf, um nach einiger Zeit wiederzukommen. Man ist der Ansicht, dass dieser an der Oberfläche auftretende Schaum für die Reinigungszwecke eher schädlich als dienlich ist. Man will nämlich, besonders bei Regenwetter, bemerkt haben, dass der Abfluss aus den Faulbecken schlechter wird, je mehr Schaum sich an der Oberfläche befindet. Welche Einflüsse auf die Bildung und auf das Verschwinden des Schaumes hinwirken, hat nicht festgestellt werden können. Auf dem Boden der Faulbecken häufen sich die schwereren suspendierten Stoffe, der Schlamm, an. Derselbe vermehrt sich mit der Zeit mehr und mehr. Die Abflüsse werden mit der Vermehrung schlechter, enthalten grössere Mengen an ungelösten Stoffen und schliesslich so viele, dass der Schlamm entfernt werden muss. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dies etwa alle $1^1/_2$ Jahre zu geschehen hat. Dabei will man festgestellt haben, dass ungefähr 30 % des Schlammes (auf die Gesamtschlammmenge berechnet) in den Faul- Offene Faulbecken.

becken aufgezehrt werden. Frisch in Betrieb gesetzte Faulbecken liefern in den ersten Tagen nicht genügende Resultate; das Wasser ist noch nicht genügend ausgefault. Erst nach 14 Tagen bis 3 Wochen erhält man typische Faulraumabflüsse. Zum rascheren „Einarbeiten" der Becken lässt man von der vorhergehenden Beschickung einen Teil des Schlammes zurück. Immerhin dauert es auch in diesem Fall noch bei warmem Wetter 2 bis 3 Tage, bei kaltem Wetter 8 Tage, bevor das neu aufgefüllte Faulbecken sich „eingearbeitet" hat.

Inbezug auf die Durchflussdauer hat man gleichfalls Versuche angestellt, und zwar mit Durchflusszeiten von 6, 12, 24, 48 und 72 Stunden für jedes Faulbecken. Ein Aufenthalt von 6 bis 12 Stunden in jedem Becken war zu gering: der Abfluss war noch nicht gefault. Ein Aufenthalt von 48 und 72 Stunden gab nur wenig bessere Resultate als einer von 24 Stunden. Man fand, dass die beste Durchflussdauer für das Leedser Abwasser diejenige von 24 Stunden ist. Diese Zeit bezieht sich aber nur auf den Trockenwetterabfluss: Abwasser, welches durch Regenwasser verdünnt ist, kann einen kürzeren Aufenthalt haben. Der Abfluss aus dem offenen Faulbecken soll ebensowenig einen Geruch besitzen wie das Rohwasser selbst. Die bei 24 stündigem Durchfluss in chemischer Beziehung bewirkte Veränderung des Rohwassers ist aus nachstehender Tabelle 21 ersichtlich (vergl. auch Anlage II zu 14b bis d). Die Ergebnisse zeigen, dass nicht nur das Albuminoidammoniak, sondern merkwürdigerweise auch das Ammoniak eine Abnahme erfahren hat, und dass durch die Faulbecken in mechanischer Hinsicht nur eine geringe Wirkung (Abnahme der suspendierten Stoffe 31 %) erzielt wurde.

Tabelle 21.

mg pro 1 l	Rohwasser	Faulbeckenabfluss	Abnahme in %
Ammoniak	40.3	33.9	15.8
Albuminoidammoniak	8.0	6.2	22.5
Sauerstoffverbrauch . (Vierstundenprobe)	75.9	60.3	20.5
Suspendierte Stoffe . (Gesamtmenge)	346.1	238.8	31.0

Absitzbecken.

Mit dem vorstehenden Resultat war zugleich entschieden, dass für das Leedser Abwasser Absitzbecken nicht in Frage kommen können.

Digitized by Google

Mit geschlossenen Faulbecken hat man so umfangreiche Versuche, wie mit den offenen Faulbecken, nicht gemacht. Man hat nur 2 Becken je 3 m breit, 17 m lang und 2.5 m tief zu geschlossenen Faulbecken ausgebildet. Man hat gefunden, dass ein Unterschied zwischen dem Wasser aus offenen und demjenigen aus geschlossenen Faulbecken nicht besteht. Die geschlossenen Faulbecken hatten zwar den Vorteil, dass Gerüche von der Umgebung mit Sicherheit ferngehalten wurden, dass das Abwasser in der kälteren Jahreszeit sich weniger abkühlte, die Gefahr des Einfrierens also eine geringere war als in den offenen Becken, und dass die Gase, welche dem Wasser entstiegen, zum Beleuchten oder Heizen ausgenutzt werden konnten; jedoch erforderte die Herstellung von geschlossenen Faulbecken mit Rücksicht auf die Dachkonstruktion erheblich mehr Kosten. Da die vorgenannten Vorteile für die Praxis von keiner hervorragenden Bedeutung sind, so ist man geneigt, den offenen Faulbecken den Vorzug zu geben. Geschlossene Faulbecken.

Auch mit Wasser, welches nach der Kalkbehandlung aus den vorhandenen Klärbecken genommen war, wurden Versuche gemacht. Es wurde aber gefunden, dass sich dieses Wasser nicht anders verhält wie das Rohwasser und dass es viel zweckmässiger und billiger ist, das Wasser in Faulbecken vorzubehandeln, als mit Kalk in Klärbecken vorzuklären. Klärbecken.

b) Versuche mit dem Füllverfahren.

Mit dem Füllverfahren wurden verschiedene Versuche angestellt. Der erste Versuch, welcher nach Angaben von W. J. Dibdin ausgeführt wurde, bezog sich auf ein zweistufiges Füllbecken, jedes etwa 19 m breit, 28 m lang und 1.5 m tief. Das Füllbecken der oberen Stufe war mit grobem Koks in einer Korngrösse von 8 cm und darüber, das Becken der unteren Stufe mit feinem Koks mit einer Korngrösse von 5 bis 40 mm angefüllt. Das Becken der unteren Stufe war in den Boden eingegraben, hatte also keine massiven Wände, sondern Böschungen an seinen Rändern. Die Resultate waren in Bezug auf den Reinheitsgrad zufriedenstellend. Die quantitative Leistung war aber nicht befriedigend. Die Füllbecken wurden zuerst mit chemisch geklärtem Abwasser, darauf mit ungereinigtem Rohwasser beschickt, verstopften sich aber sehr bald, sodass sie periodisch gereinigt werden mussten. Zur Zeit sind sie ausser Betrieb; sie sind vollständig verschlammt und dienen zur Demonstration, dass Dibdinfilter.

Digitized by Google

auch durch noch so lange Lüftungsperioden eine Regenerierung des verschlammten Körpermaterials nicht eintritt.

Es wurden darauf Versuche mit neuen Füllbecken angestellt. Dieselben bestanden aus zwei Paaren zweistufiger Becken, von je etwa 500 qm Fläche und 0,9 m Tiefe, beschickt mit Schlacke von Kesselrosten. Die Korngrösse war annähernd dieselbe wie diejenige in den erstgenannten Füllbecken. Es wurde für diesen Versuch gleichfalls Rohwasser benutzt, welches von den allerschwersten Beimengungen durch Gitter befreit war. Die Ergebnisse waren nicht so gut wie bei dem ersten Versuch, dagegen traten die Verstopfungen ebenso häufig ein.

Ein weiterer Versuch wurde mit chemisch vorgeklärtem Abwasser in einstufigen Füllbecken angestellt. Es waren 2 Becken in Betrieb von je 250 qm Fläche und 1,06 m Tiefe. Die Füllung bestand in beiden Becken aus Schlacke von 3 bis 25 mm Korngrösse. Auch hier entstanden Schwierigkeiten durch Abnahme der Aufnahmefähigkeit, sodass die Becken einer Ruhepause ausgesetzt und, als auch dies sich als nutzlos erwies, einer völligen Umarbeitung unterzogen werden mussten. Nach erneuter Inbetriebsetzung traten aber dieselben Erscheinungen der Verstopfung wieder ein.

Manchester-filter. Nachdem die Becken mit Schlacke neu gefüllt waren, wurden sie in 2 Stufen mit vorgefaultem Wasser (aus den offenen Faulbecken) betrieben. Der Körper der oberen Stufe wurde 1,5 m, der der unteren Stufe 1,8 m tief hergestellt. Der erstgenannte Körper hatte der Hauptsache nach ein Korn von 9 bis 15 mm; nur zu oberst befand sich eine 10 bis 15 cm hohe Lage aus feinerem Material. Der letztgenannte Körper wurde aus einem Material mit einem Korn von 4,7 bis 12,5 mm aufgebaut. Diese Art der Versuchsanstellung (Beschickung mit vorgefaultem Wasser) hat sich als zweckmässig erwiesen. Zwar trat zu Beginn der Versuche gleichfalls eine Abnahme der Aufnahmefähigkeit der Körper ein, die Aufnahmefähigkeit blieb aber dann, auch nach mehrjährigem Betriebe konstant.

Die Körper werden zur Zeit zweimal täglich mit vorgefaultem Abwasser beschickt (auf 1 cbm der Gesamtmaterialmenge entfallen 0,28 cbm Abwasser). Der erzielte Reinigungseffekt (vergl. Anlage III und IV zu 14b) ist sowohl in physikalischer wie in chemischer Beziehung ein durchaus befriedigender. Die durch die zweifache Behandlung in den Füllkörpern erzielte Reinigung wird im Mittel wie folgt angegeben: Ammoniak 86,3%; Albuminoidammoniak 90%;

Digitized by Google

Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 95 %. Eine am Besichtigungstage entnommene Probe (vergl. Anlage V zu 14 b) war vollständig klar, wasserhell, farblos und geruchlos. Die Durchsichtigkeit des Wassers lag weit über 25 cm. Bei der Aufbewahrung zeigte das Wasser keinerlei Veränderungen; es blieb farb- und geruchlos. Die Untersuchung ergab: 0,7 mg Ammoniak, 5,3 mg organischen Stickstoff und einen Kaliumpermanganatverbrauch von 60 mg pro Liter; Chlor wurden 176 mg im Liter nachgewiesen.

Ausser den Versuchen mit Abwasser, welches in offenen Faulbecken vorbehandelt war, wurden auch Versuche mit Abwasser, welches überdeckte Faulräume passiert hatte, angestellt und zwar in Verbindung mit einstufigen Füllkörpern nach dem „Cameron"- oder „Exeter"-System. Die Anlage besteht aus 2 überdeckten Faulräumen und 6 einstufigen Füllkörpern. Vier von diesen Körpern sind mit „feinem" Koks, zwei mit feinem Koks „in 12,5 mm Körnung" gefüllt. Die Materialhöhe beträgt in sämtlichen 6 Füllkörpern 1,2 m. Täglich sind 5 Körper in Betrieb, 1 Körper ruht stets, sodass jeder Körper nach 5 Tagen Arbeit einen Ruhetag hat. Die Körper werden täglich ein- bis zweimal mit Faulbeckenabfluss beschickt. Die Füllung und Entleerung der Becken erfolgt automatisch durch den „automatic gear", eine typische Einrichtung für das Exetersystem. Der automatische Gürtel ist in der Mitte, woselbst die einzelnen Füllbecken aneinanderstossen, eingebaut und zum Schutze gegen die Kälte mit einem Holzhause überbaut worden. Die Versuchsanlage ist seit September 1899 in Betrieb. Eine Reinigung des Körpermaterials ist bislang noch nicht notwendig gewesen. Die Aufnahmefähigkeit der Körper soll nach erfolgter Einarbeitung nur wenig abgenommen haben. Bei 24 stündigem Aufenthalt des Rohwassers in den überdeckten Faulbecken und nachheriger Behandlung der Faulbeckenabflüsse in den einstufigen Füllkörpern wurden Abflüsse erzielt, die nicht nachfaulten und im Mittel folgende Reinigungseffekte (vergl. Anlage III und IV zu 14 c) aufwiesen (Abnahme in %): Ammoniak 74,5; Albuminoidammoniak 80,9; Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 90,5. Cameronfilter.

c) Versuche mit dem Tropfverfahren.

Für die Reinigungsversuche in Tropfkörpern benutzte man zunächst einen kreisförmig gestalteten Körper, das „Whittakerfilter" (vergl. Accrington S. 132 u. ff.), von 14 m Durchmesser, der 3,2 m hoch Whittakerfilter.

Digitized by Google

mit Kesselrostschlacke, Korngrösse 25 bis 75 mm, gefüllt war. Der Körper wurde an seinem Umfang von senkrechten Latten gestützt, welche mit eisernen Bändern verbunden waren (vergl. Abb. 2a und 2b auf Blatt 36). Die Beschickung des Tropfkörpers erfolgte in ununterbrochenem Strom mit einem vierarmigen Sprinkler, System Whittaker, welchem das Wasser mit einer Rinne von oben her zugeführt wurde (vergl. Abb. 2c auf Blatt 36). Das Wasser wurde dem offenen Faulbecken entnommen. Die Förderung des vorgefaulten Wassers auf den Tropfkörper erfolgte wie in Accrington vermittels Pulsometer. Das Wasser erwärmte sich hierbei unbedeutend; jedoch war dies, wie bei der definitiven Anlage in Accrington, für den Reinigungseffekt ohne Belang. Der Pulsometerbetrieb wurde aber der Bequemlichkeit halber beibehalten. Der Whittakertropfkörper hat sich bei dreijährigem Probebetriebe, während welcher Zeit er fast ununterbrochen Tag und Nacht gearbeitet hat, durchaus bewährt. Das abfliessende Wasser ist klar, enthält jedoch eine ausserordentlich grosse Anzahl von braunflockigen suspendierten Stoffen, welche, trotzdem sie zu 40 bis 50 % organischer Natur sind, nicht mehr nachfaulen, vielmehr eine torfartige Beschaffenheit angenommen haben und vollständig unschädlich geworden sind. Die Flocken fallen z. B. in einem Glaszylinder sehr schnell zu Boden, können also in Absitzbecken aus dem gereinigten Abwasser beseitigt werden. Ein Versuch, diese Flocken durch ein nur 15 cm starkes, aus feinkörniger Schlacke gebildetes Filter abzuscheiden, gelang zwar, doch stellte es sich hierbei heraus, dass die dafür erforderlichen Filterflächen fünfmal so gross sein mussten wie die Fläche des Tropfkörpers. Die flockenförmigen Körper enthalten übrigens mehr als 30 % Eisenoxyd. Man hat während der Versuchsdauer im Durchschnitt auf 1 qm der Tropfkörperoberfläche etwa 2.24 cbm Wasser, d. i. auf 1 cbm Körpermaterial etwa 0.7 cbm Abwasser, in 24 Stunden reinigen können. Die Sprinklerröhren mussten jeden Tag dreimal gereinigt werden. Auch der Tropfkörper selbst musste innerhalb eines mehr als dreijährigen Betriebes zweimal, und zwar jeweils im Frühjahr, durch Auswaschen gereinigt werden. Es zeigte sich nämlich stets zu dieser Zeit eine sehr starke, durch intensives Organismenwachstum bedingte Verschlammung des Materials.

Der durch den Whittakerkörper bei obiger Inanspruchnahme erzielte Reinigungseffekt wird im Mittel wie folgt angegeben (vergl. Anlage III und IV zu 14 e): Abnahme des Ammoniaks 90.8 %; des

Digitized by Google

Albuminoidammoniaks 87,6 %; des Sauerstoffverbrauchs (Vierstundenprobe) 87,2 %. Der Versuch hat sich auch während des Winters bei Kälte bewährt.

Ein anderer Tropfkörper, das „Leedsfilter", von etwas kleinerem Umfang ist seit länger als einem Jahr in Betrieb. Er ist mit Schlacke aus Müllverbrennungsöfen von ganz grobem Korn in einer Höhe von 3,6 m aufgebaut. Das Material besteht aus einzelnen Stücken, welche 20 bis 30 cm im Quadrat gross und etwa 8 bis 10 cm dick sind, welche also etwa die Masse eines Ziegelsteines enthalten. Die Stücke sind hochkantig aufeinander gepackt. In der oberen, etwa 0,30 m starken Lage sind die Stücke flachkantig aufeinander geschichtet. Der Aufbau des Tropfkörpers und die Anordnung des Sprinklers sind in der gleichen Weise getroffen wie bei dem Whittakerfilter. Die Verteilung des Wassers erfolgt aber durch den Candy'schen Sprinkler[1], welcher abwechselnd eine Minute lang arbeitet und 2 Minuten lang ruht. Die hierzu erforderliche Unterbrechung des Wasserzuflusses wird in einer neben dem Tropfkörper befindlichen Kammer Q bewirkt, in welche das Wasser von den Faulbecken her in der Rinne A in gleichem Strom ununterbrochen zufliesst (vergl. Abb. 3 auf Blatt 36). Ist die Kammer mit der Klappe t geschlossen, so füllt sie sich mit dem zufliessenden Wasser an. Steigt der Wasserspiegel über die eiserne Rinne rp, so fliesst Wasser aus dieser Rinne in einen aufgehängten Becher a. Der Becher senkt sich infolge der Wasserbelastung nach unten aus der Stellung a1 in die Stellung a2 und hebt die mit ihm durch den Hebel b verbundene Klappe t an. Der Hebel geht aus der Stellung b1 in die Stellung b2, die Klappe aus t1 in t2. Dadurch wird die Verbindung zwischen dem mit Wasser gefüllten Becken Q und dem Sprinkler hergestellt, und das Wasser fliesst durch die Rinne R in den Sprinkler, wodurch dieser in kreisförmige Bewegung gesetzt und das Wasser über die Tropfkörperoberfläche verteilt wird. Da aus dem Becken Q während dieser Zeit mehr Wasser ausfliesst, als ihm durch die Rinne A zugeführt wird, so sinkt der Wasserspiegel in dem Becken Q solange, bis der Schwimmer s, welcher auf der Wasseroberfläche im Becken Q schwimmt, so tief gesunken ist, dass der mit ihm verbundene Hebel ef den Becher kippt, wodurch der Becher in die Stellung a3 gebracht wird und sich entleert. Leedsfilter.

1) Vergl. Wealdstone S. 66; der in Leeds eingebaute Candy'sche Sprinkler kann natürlich ebenso wie in Wealdstone mit und ohne „Intermitter" betrieben werden.

Digitized by Google

Dadurch erhält die Klappe t das Uebergewicht, fällt zu und schliesst das Becken, welches sich nunmehr von neuem füllen kann. Der durch die Ausschaltvorrichtung bedingte unterbrochene Betrieb des Sprinklers hat sich sehr gut bewährt. Während nämlich bei dem Whittaker-Sprinkler dreimal täglich die Ausflussöffnungen gereinigt werden mussten, war bei dem unterbrochenen Betrieb des Candyschen Sprinklers nur einmal im Tage eine derartige Reinigung notwendig.

Während der Dauer der Versuche wurde der Leedser Tropfkörper ausschliesslich mit Rohwasser beschickt, welches in geeigneter Weise durch Siebe von den gröbsten suspendierten Bestandteilen befreit war. Auch dieser Versuch hat ein nicht mehr nachfaulendes, mit braunflockigen Schwebestoffen erfülltes Wasser ergeben. Die Schwebestoffe besassen aber eine weit hellere Farbe, wie üblich, sie hatten kein torfähnliches Aussehen; sie bestanden hauptsächlich aus Organismen und zeigten im Gegensatz zu den bei dem ersten Tropfkörper erhaltenen suspendierten Stoffen eine Nachfaulung, konnten aber durch Absetzen in gleicher Weise aus dem Wasser ausgeschieden werden. Durch Versuche mit Fluorescin hat man festgestellt, dass das Wasser zum Durchtropfen des Körpers etwa $1^3/_4$ Minuten Zeit braucht. Der verwendete Sprinkler war zweiarmig. Jeder Arm hatte etwa je 4 cm Durchmesser.

Auch auf diesem Tropfkörper hat man durchschnittlich 2,24 cbm Wasser pro qm Oberfläche in 24 Stunden (0,6 cbm auf 1 cbm Körpermaterial) zu reinigen vermocht. Der durch den Leedser Tropfkörper erreichte Reinigungseffekt (Abnahme in %) ist bei vorstehend mitgeteilter Belastung wie folgt: Ammoniak 75,0; Albuminoidammoniak 57,0; Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 64,0 (vergl. Anlage III und IV zu 14f). Das Material des Leedser Filters, welches aus Müllverbrennungsöfen stammt, hat sich anscheinend nicht bewährt; es war zu weich und hatte sich daher versackt, wodurch der Reinigungseffekt in gewissem Grade beeinflusst wurde. Das bei dem Whittakerfilter beobachtete Organismenwachstum wurde in erhöhtem Masse bei dem Leedsfilter bemerkt. Infolge des bedeutend grobkörnigeren Materials war aber ein Auswaschen der im Uebermass gebildeten Organismen nicht erforderlich.

Ducatfilter. Auch mit einem sogen. „Ducatfilter“ sind Versuche gemacht worden. Dasselbe ist ein Tropfkörper 5 m breit, 8 m lang und 3,0 m hoch, welcher mit Schlacke aus Müllverbrennungsöfen, Korngrösse 10

Digitized by Google

bis 15 mm, gefüllt ist (vergl. Abb. 1 auf Blatt 37). An den Seiten des Tropfkörpers sind senkrechte Wände aus etwa 12 cm weiten, 0,3 m langen Drainröhren gebildet, welche übereinander gepackt und deren Zwischenräume mit Zement gefüllt sind. Diese Einrichtung hat den Zweck, dem Körper Luft zuzuführen. Die Drainröhren sind nicht horizontal, sondern schräg gelagert (vergl. Abb. 3a, 3b und 3c auf Blatt 37). In drei bis vier Höhenlagen übereinander sind quer durch den Körper 5 cm starke Drainröhren b b gepackt, welche an den Seiten durch die vorgenannten Drainröhren mit der Aussenluft in Verbindung treten und eine Durchlüftung des Tropfkörpers bewirken sollen. Auf der Sohle des Tropfbettes sind in Abständen von etwa 1,2 m 20 cm starke, gusseiserne Röhren a a quer durch den Tropfkörper geführt, welche an ihrem Umfang durchlöchert sind. In diese Röhren sind etwa 3 cm starke, eiserne Röhren f f eingebaut, welche miteinander kommunizieren und in welchen, wie bei einer Warmwasserheizung, von einem Ofen her warmes Wasser zirkuliert. Diese Röhren haben den Zweck, die Luft, welche in die durchlöcherten Röhren von aussen her eintritt, bei kaltem Wetter zu erwärmen und in den Tropfkörper einzuführen, sodass durch sie der Tropfkörper selbst erwärmt wird. Ueber dem Körper sind in Abständen von etwa 1 m Kipprinnen d angebracht, mit welchen das Wasser auf die Oberfläche des Körpers verteilt wird (vergl. Abb. 2 auf Blatt 37). Diese Kipprinnen reichen quer über den Körper und sind auf beiden Seiten des Körpers gelagert. Ihnen fliesst das Wasser aus den seitlich darüber befindlichen Rinnen c c in ununterbrochenem Strome zu, sie verteilen aber das Wasser, wie aus Abb. 2c auf Blatt 37 ersichtlich, nach beiden Seiten gleichmässig, sodass die Verteilung über das Tropfbett eine unterbrochene genannt werden muss. Der ganze Tropfkörper ist mit einem Haus überbaut. Zwischen den Aussenwänden des Hauses und den Tropfkörperwänden sind Zwischenräume von 0,9 m Breite gelassen, in welchen man zu dem eigentlichen Tropfkörper herangelangt. Die Temperatur in dem Tropfkörper wird durch die vorerwähnte Heizung so hoch gehalten, dass das gereinigte Wasser an seinem Ausfluss nicht kälter als etwa 13° C. ist. Das gereinigte Wasser sammelt sich an der Sohle und wird in kleinen Rinnen ausserhalb des Hauses geführt und hier, nachdem es zwei nebeneinander geschaltete kleine Absitzbecken passiert hat, abgeleitet.

Anfangs versuchte man, mit dem Ducatfilter Rohwasser, welches durch Siebe von den gröbsten Bestandteilen befreit war, zu reinigen;

es war aber nicht möglich, die Beschickung des Tropfkörpers eine längere Zeit aufrecht zu erhalten, weil sich die Oberfläche sehr bald verstopfte und dem Wasser nur geringen Durchgang gestattete. Darnach leitete man Wasser auf, welches in offenen Faulbecken vorbehandelt war. Diesen Versuch hat man drei Jahre lang ununterbrochen aufrecht erhalten können, ohne dass sich eine Verstopfung oder eine andere Unregelmässigkeit eingestellt hätte. Man hat während der Versuchszeit durchschnittlich täglich 1,1 cbm auf 1 qm Tropfkörperoberfläche (0,37 cbm Abwasser pro 1 cbm Material) reinigen können. Die Herstellung des Ducatfilters mit Einschluss des Hauses hat 20 000 M. gekostet.

Die am Besichtigungstage durch die Ducatanlage bewirkte Reinigung war eine sehr befriedigende. Das aus dem Ducatfilter ausfliessende Wasser (vergl. Anlage V zu 14d) enthielt, ebenso wie die Abflüsse aus den anderen vorbeschriebenen Tropfkörpern, reichliche Mengen rotbrauner suspendierter Stoffe, welche sich in der Entnahmeflasche sehr rasch zu Boden setzten. Die Untersuchung ergab, dass die in 1 Liter enthaltenen suspendierten Stoffe (74 mg) 18 mg Eisen (Fe_2O_3) enthielten und etwa zur Hälfte organischer Natur waren. Die mikroskopische Untersuchung des Bodensatzes ergab: Flöckchen von Eisenoxyd und vereinzelte Organismen (Nematoden, Protozoen und Asterionella). Das über dem Niederschlag stehende Wasser war fast klar, von schwach gelblicher Farbe und nahezu geruchlos; es war frei von fäulnisfähigen Substanzen. Bezüglich der durch die chemische Untersuchung ermittelten Werte sei auf die vorerwähnte Anlage verwiesen. Nach den englischen Untersuchungen (vergl. Anlage III und IV zu 14d) werden durch das Ducatfilter im Mittel folgende Reinigungseffekte erzielt: Abnahme des Ammoniaks 82,6 %, des Albuminoidammoniaks 82,8 %, Abnahme des Sauerstoffverbrauchs (Vierstundenprobe) 85,5 %.

d) Kontrolle der Versuchsanlagen.

Chemische Untersuchung.

Der durch die vorstehend besprochenen Versuchskörper erzielte Reinheitsgrad wurde vorwiegend durch fortlaufend ausgeführte chemische Untersuchungen kontrolliert, von denen die Schlussergebnisse, soweit diese an den biologischen Körpern gewonnen wurden, in nachstehender Tabelle 22 zusammengefasst nochmals mitgeteilt sind.

Biologische Untersuchung.

Neben dieser chemischen Kontrolle der Versuchskörper fand gelegentlich auch die sogen. biologische Untersuchungsmethode für den

Tabelle 22.

Abnahme in %	Versuche mit dem Füllverfahren		Versuche mit dem Tropfverfahren		
	Manchesterfilt.	Cameronfilter	Whittakerfilt.	Leedsfilter	Ducatfilter
Ammoniak	86,3	74,5	90,8	75	82,6
Albuminoidammoniak	90	80,9	87,6	57	82,8
Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe)	95	90,5	87,2	64	85,5

gedachten Zweck Anwendung. Walker untersuchte nämlich in der Zeit vom September 1900 bis Januar 1901 die hinter dem „Dibdinfilter", dem „Cameronfilter" und dem „Ducatfilter" angeordneten, von den gereinigten Abflüssen dieser biologischen Körper durchflossenen Absitzbecken auf die an ihren Wänden angesiedelte Mikroflora und Mikrofauna und konnte aus den nachgewiesenen Organismen eine Reihe interessanter und praktisch brauchbarer Punkte hinsichtlich des Reinheitsgrades der durch die Becken hindurchgeleiteten Wässer feststellen, so z. B. an dem Auftreten typischer Abwasserorganismen nachweisen, dass ein weniger gut gereinigtes, d. h. noch fäulnisfähiges Abwasser aus den Versuchskörpern ausgeflossen war. Die bei diesen Untersuchungen erlangten Ergebnisse waren so eindeutige, dass Walker seine Beobachtungen über den Wert der biologischen Untersuchungsmethode für die Kontrolle von Abwasserreinigungsanlagen in folgende Schlusssätze zusammenfassen konnte:

1. Lässt man das aus einer Reinigungsanlage austretende Wasser oder einen Teil desselben durch ein geeignetes Absitzbecken hindurchgehen, so wird die Beschaffenheit des hindurchgeflossenen Wassers an den Wänden und Ausläufen dieses Beckens „registriert".

2. Die an den genannten Stellen eines derartigen Absitzbeckens auftretenden Organismen stehen in direkter Beziehung zu dem Reinheitsgrad des durchgeflossenen Wassers und zwar insofern, als sie über die durchschnittliche Beschaffenheit der vor der ausgeführten Untersuchung durch das Becken hindurchgeflossenen Wässer Aufschluss geben.

15. Birmingham.

Birmingham hat sich mit einigen benachbarten Ortschaften zu einer Entwässerungsgenossenschaft, genannt: „Tame and Rea District Allgemeines.

Digitized by Google

Drainage Board", zusammengetan. Die Genossenschaft hat in der Nähe von Birmingham ausgedehnte Ländereien gekauft, auf welchen das Abwasser gereinigt wird. Die Ortschaften, welche zu der Genossenschaft gehören, sind die folgenden:

Birmingham	mit	540 000	Einwohnern
Aston	"	80 000	"
Smethwick	"	57 000	"
Handsworth	"	54 000	"
King's Norton und Northfield .	"	52 000	"
Erdington	"	17 000	"
Sutton-Coldfield	"	15 000	"
einige einzeln liegende Gehöfte	"	5 000	"
zusammen	mit	820 000	Einwohnern

Die Landschaft, in welcher diese Ortschaften, welche eine gesamte Fläche von 19 000 ha umfassen, liegen, ist hügelig, die Landschaft, in welcher die Reinigungsanlage liegt, verhältnismässig eben. Die Vorflutverhältnisse sind, da Birmingham und Umgegend nahe der Wasserscheide zwischen der Nordsee und der Irischen See gelegen sind, wenig günstig. Vorflut bietet der Tamefluss, ein Bach von nur geringer Wasserführung. In diesen mündet der Reabach, welcher während der trockenen Jahreszeit Wasser überhaupt nicht führt. Beide Bäche durchströmen das Entwässerungsgebiet und zum Teil auch die Reinigungsanlage (Rieselfeld). Sie münden späterhin in den Trent, einen Nebenfluss des Humber.

Vorflut.

Der Wasserverbrauch wird im Gesamtdurchschnitt zu 110 bis 140 Liter, für gewerbliche Zwecke allein zu etwa 45 Liter pro Kopf und Tag angegeben.

Mischsystem.

Die Kanalisation ist, von einem kleinen Gebiete abgesehen, nach dem Mischsystem erfolgt. Die Gesamtlänge der Kanäle beläuft sich auf ca. 1020 Kilometer. Die Notauslässe nehmen ihre Vorflut nach dem Tameflusse. Der Trockenwetterabfluss beträgt 115 000 cbm in 24 Stunden oder 140 Liter für den Tag und Kopf der Bevölkerung. Bei Regenwetter soll die auf der Reinigungsanlage ankommende Abwassermenge gelegentlich beinahe 1 Million cbm betragen. In dem Abwasser ist eine grosse Menge Fabrikwasser enthalten, dessen genauer Anteil nicht feststeht. Man schätzt ihn auf 25 bis 30 %. Das Fabrikwasser stammt fast ausschliesslich aus Metallwerken. Diejenigen Fabriken, deren Abwasser säurehaltig ist — die Fabriken schicken wöchentlich über 1000 Korbflaschen voll Salzsäure und

Fabrikwasser.

Digitized by Google

ebensoviel Schwefelsäure, sowie über 600 Korbflaschen voll Salpetersäure in die städtischen Kanäle —, müssen auf ihren Höfen ein grösseres Becken einbauen, in welchem sich plötzlich abgelassene Mengen dieses Wassers für einige Zeit ansammeln können. Da das Verbindungsrohr mit den Strassenleitungen nur einen geringen Querschnitt hat, so kann das Fabrikwasser sich nicht plötzlich aus den Aufspeicherungsbecken in die Kanalisation ergiessen, kommt vielmehr allmählich in gleichmässigem Strom zum Abfluss. Ausser den vorerwähnten reichlichen Säuremengen schicken die Fabriken auch grosse Mengen von Metallsalzen, wie Eisen-, Kupfersalzen etc., die durch Bindung des Schwefelwasserstoffs das Rohwasser geruchlos machen, in die Kanäle.

Das Wasser fliesst der Reinigungsanlage mit natürlichem Gefälle in vier Hauptzubringern zu, welche sich auf der Abwasserreinigungsanlage vereinigen (vergl. Blatt 38 und 39). Die mittlere Zusammensetzung der zugeleiteten Abwässer ist aus nachstehender Tabelle 23[1], welche auch über die mittlere Zusammensetzung der Becken- und Drainageabflüsse im Jahre 1902 nach englischen Untersuchungen Aufschluss gibt, ersichtlich: Zubringer.

Tabelle 23.

mg pro 1 l	Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge)	Ammoniak	Albumin.-ammoniak	Chlor	Sauerstoffverbrauch (Vierstund.-probe)	Abnahme in %	
						Albumin.-ammoniak	Sauerstoffverbr.
Rohwässer:							
Saltley Abwasser	516,0	52.9	11,4	120.0	127,3	—	—
Rea "	662,0	47,7	18,4	237.0	230,0	—	—
Hockley "	602.0	43.1	17.4	248,0	150,3	—	—
Aston "	895,0	51.9	16,7	173.0	144,1	—	—
Vereinigtes "	686,0	47.7	17.3	218,0	182,2	—	-
Beckenabflüsse:							
Absitzbecken . . .	346.0	45.8	13,2	206.0	149.3	23.7	18.1
Faulbecken (offen) .	274,0	58,4	10.1	213.0	120.9	41.6	33.6
Rieselwässerabflüsse a. den Entwässerungsgräb.:							
Castle Bromwich .	—	18.2	1,4	167.0	16,8	91.9	90.8
Plants Brook . .	—	7,3	0.8	93,0	8,7	95.4	95,2
Minworth	—	24,0	1.4	160,0	20,2	91.9	88.9
Water Orton . . .	—	26,0	1,4	175,0	20,7	91.9	88.6
Curdworth . . .	—	26.8	2.0	159.0	27,0	88.4	85.2

1) Vergl. auch Anlage I zu 15a bis f und Anlage II zu 15c bis f.

Digitized by Google

Die Reinigungsanlage ist im Grunde genommen ein Rieselfeld, für welches das Wasser zuerst durch Absitzbecken und dann durch Faulbecken vorbehandelt wird.

In den Jahren 1872 bis 1900 wurde das Abwasser aus den 4 Zubringern auf der Reinigungsanlage mit Kalk vorbehandelt und in Klärbecken geklärt, bevor es auf das Rieselfeld geleitet wurde, und zwar wurden durchschnittlich 130 g Kalk auf das Kubikmeter Abwasser zugesetzt. (Die Kalkklärung war seiner Zeit auf Grund zahlreicher, mit den verschiedensten Chemikalien angestellter Versuche als die beste und wirtschaftlich vorteilhafteste Methode gewählt worden). Danach hat man die Klärung mit Kalk aufgegeben und die Behandlung des Wassers in Absitzbecken und in nachgeschalteten offenen Faulbecken eingeführt.

Der Vorgang ist hierbei der Folgende (vergl. Blatt 39).

Absitzbecken. Das Wasser wird über 5, aus den Zeiten der Kalkklärung stammende Absitzbecken gleichmässig verteilt und durchströmt je eines dieser Absitzbecken. Jedes Absitzbecken (vergl. Blatt 40) ist etwa 30 m breit und 100 m lang. An der Eintrittsstelle des Wassers haben die Absitzbecken eine Tiefe von etwa 2,5 m und an der Austrittsstelle eine solche von 1,8 m. Die Sohle hat eine starke Neigung nach dem tiefsten Beckenteil zu. An den vorderen Enden jedes Beckens dort, wo das Abwasser eintritt, ist zur Abhaltung des sich bildenden Schaumes und der an der Oberfläche schwimmenden sonstigen Stoffe je eine Eintauchplatte von Holz angebracht, welche auf einer Mauer ruht. **Schlamm.** In diesen Becken wird ein grosser Teil der suspendierten Stoffe ausgeschieden (vergl. über die Wirkung der Absitzbecken die auf Seite 173 befindliche Tabelle), und zwar die schweren Stoffe in dem vorderen, tieferen Teil, die leichten, schlammigen und schleimigen Stoffe in dem hinteren, flachen Teil, im ganzen etwa 50% aller Stoffe. Da in dem Abwasser durchschnittlich 686 g suspendierte Stoffe (auf 1 cbm Abwasser bezogen) enthalten sind, so werden in den Absitzbecken täglich etwa 400 cbm flüssiger Schlamm mit einem Wassergehalt von 90% gewonnen. Bei der Kalkbehandlung wurde die doppelte Menge Schlamm gewonnen. Zum Zwecke der Beseitigung des Schlammes wird aus den Becken der obere Teil des Wassers abgelassen. Danach wird der unten befindliche flüssige Schlamm durch Arbeiter in eine Schlammgrube geschoben, von hier mit Pumpen angesogen und durch eine 23 cm starke, eiserne Druckrohrleitung 5 bis 6 km weit auf

Digitized by Google

das Rieselfeld gedrückt. In die Druckrohrleitung sind in Entfernungen von je etwa 180 m Abzweigstutzen eingebaut, welche mit Rohrschiebern verschlossen gehalten werden. Mittelst eines eisernen transportablen Rohrstranges von etwa 20 cm l. W., welcher mit dem Abzweigstutzen verschraubt und auf die Erdoberfläche aufgelagert wird, kann man den Schlamm seitwärts von der Druckrohrleitung leiten. Der abzweigende Rohrstrang wird in einen Graben geführt, von welchem parallel laufende, horizontale Gräben in Entfernungen von 1,5 m abzweigen (vergl. Abb. 1 auf Bl. 41). Die Gräben sind etwa 0,20 m tief und 0,20 m breit. Die Parallelgräben werden von dem ihnen vorgelagerten Wassergraben aus nacheinander mit Schlamm gefüllt. Hat der Schlamm in ihnen durch Entwässerung und Verdunsten eine genügende Konsistenz erhalten, so wird er mit der aus den Gräben stammenden, auf dem Beetrücken lagernden Erde bedeckt (Abb. 1b). Er dient nunmehr zur Düngung des Ackers, welcher nach einiger Zeit umgearbeitet und mit Feldfrüchten bestellt wird oder als Rieselfeld Verwendung findet. Natürlich benutzt man für die Beseitigung des Schlammes den durchlässigsten Teil des Rieselfeldes. Bei trockenem warmem Wetter ist die Austrocknung des Schlammes bereits nach einem Tage soweit vorgeschritten, dass er mit Erde eingebettet werden kann; bei nassem Wetter nimmt die Austrocknung eine sehr lange Zeit in Anspruch. Die Absitzbecken werden in Zwischenräumen von etwa 5 Wochen vom Schlamm entleert. Die Entleerung jedes Beckens nimmt eine Woche in Anspruch, sodass also gleichzeitig nur 4 Becken in Tätigkeit sind, während das fünfte in der Entleerung begriffen ist. Der gesamte Fassungsraum der 5 Absitzbecken beträgt 26 000 cbm. Die Aufenthaltsdauer des Abwassers innerhalb dieser Absitzbecken berechnet sich also mit Rücksicht darauf, dass nur 4 gleichzeitig im Betrieb sind, auf $4^1/_2$ Stunden; d. h. auf 1 cbm des täglichen Trockenwetterabflusses kommen, 4 Becken gerechnet, 0,18 cbm, 5 Becken gerechnet, rund 0,2 cbm nutzbarer Beckeninhalt.

Von den Absitzbecken gelangt das Wasser durch ein zweites System von Becken (Faulbecken). Auch über diese Becken wird die gesamte Wassermenge gleichmässig verteilt, derart, dass das Wasser stets nur ein Becken durchströmt. Diese Faulbecken, 20 an der Zahl, haben eine Wassertiefe von 1,5 m. Sie sind wie die Absitzbecken in der Sohle und an den Seitenwänden von Cementmauerwerk umkleidet und nach oben hin offen (vergl. Abb. 2 auf Blatt 41). Ihr Faulbecken.

Digitized by Google

Gesamtinhalt beträgt 33 000 cbm (die Faulbeckenanlage von Birmingham ist mithin bislang die grösste derartige Anlage). Die Aufenthaltsdauer des Wassers in den Faulbecken berechnet sich auf 7 Stunden. Auf 1 cbm des Trockenwetterabflusses kommen rund 0,3 cbm Faulbeckeninhalt. Jedes Becken ist an der vorderen und an der hinteren Seite mit eisernen Eintauchplatten versehen. Beide Eintauchplatten tauchen 0,6 m unter den Wasserspiegel ein. Die Eintauchplatte am hinteren Ende des Beckens ist fest angeordnet, diejenige am vorderen Ende ist in einzelne Schützen aufgelöst, welche etwa 2 bis 3 m lang sind, in eisernen Führungsständern laufen und mit Winden in vertikaler Richtung bewegt werden können, sodass es möglich ist, mit ihnen den Zufluss abzusperren. Während also die Eintauchplatte am vorderen Ende des Beckens den Einfluss des Wassers regelt, dient die Eintauchplatte am hinteren Ende dazu, den sich bildenden Schaum im Becken zurückzuhalten. In den Faulbecken entwickeln sich grosse Mengen von Gasen. Teile der am Boden der Becken lagernden Schlammmassen werden durch die Gase an die Oberfläche des Wassers geführt, die Gase entweichen hier und die Schlammteile sinken wieder nach unten, worauf das Spiel von neuem beginnt. Schlamm hat sich, obwohl einzelne Becken seit $3^1/_2$ Jahren, die übrigen seit 2 Jahren ununterbrochen Tag und Nacht in Betrieb sind, bisher nicht soviel angesammelt, dass eine Räumung der Becken notwendig wurde. Nach den angestellten Untersuchungen nimmt man an, dass in diesen Becken 25 % aller in dem Rohwasser enthaltenen suspendierten Stoffe verzehrt werden. Aus den auf Seite 173 aufgeführten Analysenwerten berechnet sich die durch die Faulbecken erzielte weitere Abnahme der Gesamtmenge der suspendierten Stoffe auf etwa 20 %. Auch einige andere in dem Abwasser enthaltene Substanzen erfahren eine Abnahme, welche, auf das Rohwasser berechnet, für das Albuminoidammoniak zu etwa 40 %, für den Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) zu rund 34 % anzusetzen ist.

Zuleitung zum Rieselfeld.

Nach dem Austritt aus den offenen Faulbecken wird das Wasser durch einen kreisrunden, gemauerten Kanal mit einem Durchmesser von 2,4 m mit eigenem Gefälle auf das Rieselfeld geleitet. Die Zuleitung wird am höchsten Rande des Rieselfeldes entlang geführt, durchschneidet das Rieselfeld der ganzen Länge nach und nimmt unterwegs noch drei Zubringer auf (vergl. Blatt 38). Da der Zuleitungskanal stets gefüllt ist, so sind in ihm 27 000 cbm Wasser, d. h. etwa der vierte Teil des Trockenwetterabflusses untergebracht

Digitized by Google

(auf 1 cbm Abwasser 0,23 cbm Kanalinhalt). Man betrachtet diesen Kanal als einen zweiten und zwar als einen geschlossenen Faulraum, in welchem die suspendierten Stoffe noch weiter verzehrt und abgebaut werden und die gelösten organischen Stoffe eine weitere Abnahme erfahren sollen.

Zur Vorbehandlung des Birminghamer Abwassers entfallen nach vorstehenden Ausführungen auf je 1 cbm des täglichen Trockenwetterabflusses:

	0,20	cbm	Absitzbeckeninhalt;
	0,30	„	offener Faulbeckeninhalt;
	0,23	„	geschlossener Faulrauminhalt; zusammen
also	0,73	„	Gesamtbeckeninhalt.

Von dem Zuleitungskanal zweigen an geeigneten Stellen Zweigkanäle ab, welche zum Teil oberirdisch als Gräben, zum Teil unterirdisch angeordnet sind und das Wasser zu den einzelnen Rieselflächen bringen. Das Rieselfeld hat mit allen zugehörigen Flächen eine Grösse von 1150 ha. Davon entfallen 58 ha auf Wege, Gebäude, Höfe, Reinigungsbecken und so weiter. 310 ha sind für die Berieselung ungeeignet, weil der Boden aus festem Mergel besteht, 15 ha dienen zur Unterbringung des Schlammes und 740 ha werden als Rieselland ausgenutzt und zwar 390 ha für intermittierende Filtration und 350 ha für die eigentliche Berieselung. Bei der intermittierenden Filtration wird soviel Wasser zur Versickerung gebracht, als der Boden aufzunehmen vermag; auf eine gleichzeitige Bestellung mit Feldfrüchten verzichtet man. Erst wenn der Boden verschlammt ist und das Wasser nicht mehr aufzunehmen vermag, wird er ausser Betrieb gesetzt, umgepflügt und mit Feldfrüchten bestellt. Bis zur Ernte der Feldfrüchte wird ihm nur soviel Wasser zugeführt, als die Feldfrüchte verlangen. Der für die eigentliche Berieselung bestimmte Teil von 350 ha wird zum Teil zum Anbau von Feldfrüchten, zum anderen Teil als Wiese ausgenutzt. Die Berieselung ist eine sehr intensive, da nach der jedesmaligen Ueberflutung dem Lande nur eine Ruhe von 1 bis 2 Tagen gelassen wird. Die Rieselflächen sind in einer Tiefe von 1,2 bis 1,5 m drainiert, die Drainrohre haben 10 m Entfernung voneinander. Das gereinigte Wasser wird in Gräben geleitet, deren wasserberührte Flächen mit Klinkern in Zementmörtel bekleidet sind. Der Boden der berieselten Flächen besteht im allgemeinen aus den Verwitterungsprodukten des darunter liegenden Felses; er hat eine gelbbraune Farbe und enthält eine verhältnismässig grosse Menge Rieselfeld.

Digitized by Google

von faustgrossen, runden Steinen. Sandiger oder kiesiger, aus Abschwemmungen stammender Boden ist nur wenig vorhanden. Wir halten den Boden der berieselten Flächen für verhältnismässig wenig wasserdurchlässig. Nichtsdestoweniger werden ihm, wie eine Berechnung ergibt, durchschnittlich täglich auf das Hektar zugeführt: 120 cbm, wenn man nur die der eigentlichen Berieselung dienenden Flächen der Berechnung zu Grunde legt, und 100 cbm, wenn man die ganze Fläche des Rieselfeldes (1150 ha) zu Grunde legt. Die vorstehenden Zahlen erhöhen sich aber um etwa 25%, nämlich auf 150 bezw. 125 cbm, wenn man noch den Anteil des Regenwassers mit in Betracht zieht. Die Aufnahmefähigkeit der Birminghamer Rieselfelder für so riesige Wassermengen kann nur darauf zurückgeführt werden, dass das Wasser nicht in seinem rohen Zustande auf das Land geleitet, sondern vorher von dem grössten Teil seiner Schwebestoffe sorgfältig befreit wird. Dieser Umstand gewinnt insofern eine besondere Bedeutung, als die Kosten der Rieselei im geraden Verhältnis stehen zu der Rieselfläche. Je grösser die Rieselfläche ist, welche zur Unterbringung von 1 cbm Wasser im Tage erforderlich ist, desto grösser sind die Reinigungskosten für 1 cbm Wasser.

Reinigungserfolg.

Der Reinigungseffekt der Birminghamer Rieselfelder ist ein verhältnismässig guter. Das Wasser fliesst rein und klar in die Abzugsgräben. Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Rieselwässer, sowie die durch die Landberieselung erreichten Reinheitsgrade sind aus der auf Seite 173 aufgeführten Tabelle 23 ersichtlich. Wie diese zeigt, liegt der Reinigungseffekt bei den verschiedenen Rieselfeldabflüssen, nach der Abnahme des Albuminoidammoniaks oder nach der des Sauerstoffverbrauchs beurteilt, stets über 85% und geht in einigen Fällen sogar über 95% hinaus[1]).

Kosten.

Die gesamten Kosten für die Anlage der Rieselfelder mit Einschluss der Reinigungsbecken und aller oberirdischen und unterirdischen Leitungen, Gräben u. s. w. belaufen sich auf 22 Millionen Mark (27 Mk. pro Kopf der angeschlossenen Bevölkerung). Das macht für 1 ha Rieselfeld 19000 Mark. Die Verzinsung dieses Kapitals beträgt jährlich 800000 M. und die Betriebskosten 700000 M. Die gesamten jährlichen Ausgaben betragen also 1500000 M.; das macht für das Kubikmeter Abwasser, wenn man nur den Trockenwetterabfluss berücksichtigt,

1) Die von englischer Seite herausgerechnete hohe Abnahme trifft nicht ganz zu; vergl. die verschiedenen Chlorgehalte der Rohwässer und der Rieselfeldabflüsse in Tabelle 23.

an Betriebskosten	. . . .	1,67 Pfg.
und an Verzinsung	. . . .	1,90 „
	zusammen	3,57 Pfg.

und, wenn man das Regenwasser mit 25% des Trockenwetterabflusses in Rechnung stellt,

an Betriebskosten	. . . .	1,33 „
und an Verzinsung	. . . .	1,53 „
	zusammen	2,86 Pfg.

Die vorstehenden Betriebskosten beziehen sich auf die Nettoausgaben, d. h. auf diejenigen Ausgaben, welche verbleiben, wenn von den gesamten Ausgaben alle Einnahmen in Abzug gebracht werden. Die Betriebskosten stellten sich früher bei der Vorbehandlung mit chemischen Fällungsmitteln um etwa 80 000 Mk. pro Jahr höher; dabei war der Reinheitsgrad des von den Rieselfeldern abfliessenden Drainagewassers schlechter. Das Rieselfeld wird von der Entwässerungsgenossenschaft selbst bewirtschaftet. Auf demselben sind im Durchschnitt täglich 300 bis 400 Arbeiter beschäftigt, während der Erntezeit 100 Arbeiter mehr.

Die Bevölkerung in den zu dem Entwässerungsgebiet der Genossenschaft gehörigen Gemeinden vermehrt sich ständig, sodass die Rieselfelder, welche zur Zeit auf das äusserste beansprucht sind, entsprechend vermehrt[1]) werden müssten und zwar, wie man ausgerechnet hat, in jedem Jahre um etwa 20 ha. Die Vergrösserung der Rieselfelder ist aber nur möglich durch Zukauf. Da aber der Grund und Boden in der Nähe des Entwässerungsgebietes in den letzten Jahren ausserordentlich teuer geworden, im übrigen für Rieselzwecke geeigneter Boden nicht einmal zu haben ist, so hat man sich in den letzten Jahren nach anderen Reinigungsmethoden umgesehen und verschiedene Entwürfe hierfür aufgestellt. So ist man seit etwa einem Jahre (1902) dabei, Versuche mit dem biologischen Verfahren anzustellen. Bei diesen Versuchen wurde sowohl das Füll- wie das Tropfverfahren einer Prüfung unterzogen. Für die Versuche diente stets das vorgefaulte, aus den Faulbecken stammende Abwasser. Zur Prüfung des Füllverfahrens wurden drei gleichgrosse Versuchskörper errichtet, von denen der eine aus Kohle, der andere aus Schlacke und der dritte aus Steinschlag hergestellt wurde. Die Korngrösse der verwendeten

Versuche.

Füllverfahren.

1) Im Jahre 1880 betrug die Rieselfläche 110 ha; im Jahre 1881 wurde dieselbe um 350 ha und im Jahre 1897 um 360 ha vergrössert.

Digitized by Google

Materialien betrug etwa 9 bis 35 mm, die Materialhöhe 1,4 m. Bei einer täglichen Belastung von 0,6 cbm Abwasser auf das Quadratmeter der Füllkörperoberfläche, d. i. 0,4 cbm Abwasser auf 1 cbm Körpermaterial, wurden folgende Reinigungseffekte (vergl. Anlage III und IV zu 15c bis e) erzielt: Kohlekörper 93 %; Schlackekörper 71 %, Steinschlagkörper 63,7 % (durchschnittliche Werte, nach der Abnahme des Sauerstoffverbrauches — Vierstundenprobe — berechnet).

Tropfverfahren. Zur Prüfung des Tropfverfahrens hat man zwei Tropfbecken, an der Oberfläche kreisrund mit einem Durchmesser von 36 m hergestellt. Das Tropfkörpermaterial ist in beiden Becken auf einer von Beton hergestellten Sohle mit Böschungen 1,4 bis 1,5 m hoch aufgeschüttet, nachdem die Sohle mit Hohlfliesen von der auf Abb. 2 Blatt 42 gezeichneten Form zur Abführung des gereinigten Wassers belegt war. In der Mitte jedes Tropfkörpers ist ein Mauerpfeiler errichtet, welcher von dem das Wasser zuführenden Rohr durchbrochen wird. Das Füllmaterial besteht aus Koks mit einer Korngrösse von 4 bis 25 mm (vergl. Blatt 42).

Der Tropfkörper I (System Scott-Moncrieff)[1]) ist mit einem einarmigen Sprinkler versehen, welcher an seinem Ende mit einem kleinen Petroleum-Motor von 2 Pferdekräften angetrieben wird. Die Geschwindigkeit ist eine solche, dass der Sprinkler eine Umdrehung in einer Zeit von 7 Minuten vollbringt. Der Sprinklerarm ist einerseits auf dem Mittelpfeiler und andererseits auf einer kreisförmigen Schiene gelagert, welche auf gemauerten Pfeilern ruht (vergl. Abb. 4 auf Blatt 41 und Abb. 1 auf Blatt 42). Die Entfernung zwischen den Pfeilern beträgt etwa 1,5 m, der Querschnitt der Pfeiler 0,4 + 0,4 m. Der Sprinkler selbst besteht aus einer eisernen, oben offenen Rinne, welche von einem Gitterträger getragen wird. Der Querschnitt der seitlichen Ausflussöffnungen kann durch Schieber vergrössert und verkleinert werden.

Der Körper II ist mit einem sechsarmigen Sprinkler versehen (vergl. Abb. 3 auf Blatt 41) von ähnlicher Aufhängekonstruktion wie in York (vergl. Blatt 34 und 35); er bewegt sich also selbständig infolge des Wasserdruckes. Man will allerdings bemerkt haben, dass dieser Sprinkler unter dem Winde stark zu leiden hat.

Die beiden Sprinklerbetten sind mit senkrechten Mauern umgeben. Der Abstand je zweier gegenüberliegender Mauern beträgt etwa 46 m. Der Raum zwischen diesen Mauern und dem Böschungskegel

---

1) Bezüglich der von Scott-Moncrieff für kleine Abwassermengen empfohlenen älteren Form vergl. Caterham S. 70.

Digitized by Google

des Kokskörpers ist mit faustgrossen Kieselsteinen ausgefüllt. Man will auf dieser den Tropfkörper umgebenden Fläche Sturmwasser zu reinigen versuchen. Das Füllmaterial hat frei Ort und Stelle mit Einschluss der Kosten für den Einbau 13 Mark pro cbm gekostet. Die Tropfkörper werden, wie oben erwähnt, mit Wasser, welches bereits die vorstehend bezeichneten offenen Faulkammern durchflossen hat, beschickt. Nach den bisher gemachten, allerdings verhältnismässig kurzen Erfahrungen war es möglich, auf dem Tropfkörper I 0,95 cbm im Durchschnitt täglich auf je 1 qm seiner Oberfläche (rund 0,7 cbm Abwasser pro cbm Material) zu reinigen, während man auf dem Tropfkörper II nur bis zu 0,8 cbm (pro cbm Material rund 0,6 cbm Abwasser) gekommen ist. Wir können aus eigener Anschauung nicht berichten, wie das Wasser in diesen Tropfkörpern gereinigt wird, da die Tropfkörper während der Zeit unserer Besichtigung nicht in Tätigkeit waren. Es wird angegeben, dass die Reinigung eine gute sei. Der Oberingenieur des „Birmigham, Tame, and Rea District Drainage Board“, J. D. Watson, gibt an, dass bei einer täglichen Belastung der Tropfkörper mit 1,1 cbm Abwasser pro 1 qm Oberfläche (d. i. 0,7 cbm Abwasser pro cbm Körpermaterial) der erzielte Reinigungseffekt, nach der Abnahme des Sauerstoffverbrauches berechnet rund 86 %, nach der Abnahme des Albuminoidammoniaks beurteilt 88 % betragen habe (vergl. Anlage IV zu 15f).

Man will festgestellt haben, dass die Reinigung mit diesen Tropfkörpern sich billiger stellt als die Reinigung auf den vorhandenen Rieselfeldern. Der einarmige Sprinkler hat 17 000 Mk. mit Einschluss des Petroleum-Motors gekostet. Die Herstellung der Tropfkörper mit allem Zubehör, mit Einschluss der Mauern und der Füllung hat etwa 50 000 Mk. für jeden Tropfkörper betragen. Was die Beschaffung des Sprinklers im Tropfkörper II gekostet hat, konnte nicht ermittelt werden.

Uebrigens beabsichtigt man, diejenigen Abwassermengen, welche auf den vorhandenen Anlagen infolge Vermehrung des Wasserzuflusses in der Zukunft nicht behandelt werden können, auf Tropfkörpern mit festen Sprinklern, deren Mundstücke ähnlich wie in Salford ausgebildet sind, zu reinigen.

16. Tipton.

Tipton ist eine kleine Stadt von 12 000 Einwohnern, welche in der Nähe von Birmingham in einem alten verlassenen Kohlenviertel Allgemeines.

Digitized by Google

in hügeligem Gelände gelegen ist. Die Stadt und ihre Umgebung macht keinen angenehmen Eindruck. Von den alten verlassenen Werken ragen die kahlen Mauern gen Himmel und bieten einen traurigen Anblick.

Die Stadt ist zum Teil insofern nach dem Mischsystem entwässert, als ein Teil des Regenwassers in die vorhandene Kanalisationsleitung eingeleitet wird. Der andere Teil geht durch offene Rinnsteine in den nächst belegenen Wasserlauf. Die Reinigungsanlage liegt etwa 3 km vom Mittelpunkt des Ortes entfernt. Das Wasser fliesst derselben in zwei getrennten Zubringern mit eigenem Gefälle zu. Der eine Zubringer liegt nicht hoch genug, sodass sein Wasser auf der Anlage mit Pumpen, welche durch Gaskraftmaschinen angetrieben werden, gehoben werden muss (vergl. Blatt 43). Das Abwasser besteht fast ausschliesslich aus Hauswasser. Fabrikwasser ist sehr wenig darin enthalten. Der Trockenwetterabfluss beträgt täglich etwa 1100 cbm, das macht pro Tag und Kopf der Bevölkerung rund 95 Liter. Die Wasserversorgung erfolgt durch die „South Staffordshire Waterworks Company“. Der Wasserverbrauch pro Kopf und Tag wird zu 91 Liter angegeben. Die Reinigung des Abwassers geschieht durch Zusatz von Chemikalien, und zwar werden auf je 1 cbm Abwasser 62 g Kalk und 22 g Eisenalaun unmittelbar vor dem Eintritt in die Klärbecken zugesetzt.

Chemische Zuschläge.

Klärbecken.

Das Abwasser wird auf die Klärbecken gleichmässig verteilt und durchströmt je ein Klärbecken in ununterbrochenem Strom. Es wird danach einem benachbarten Graben zugeleitet. Die vorhandenen 5 Klärbecken sind 1,5 m tief und vermögen den Trockenwetterabfluss eines Tages in sich aufzunehmen. Diejenige Sturmwassermenge, welche von den Klärbecken nicht aufgenommen werden kann, wird direkt in den benachbarten Graben eingeleitet, welcher in den Tamefluss mündet. Dahin gelangt auch das in den Klärbecken gereinigte Abwasser.

Schlamm.

Der in den Klärbecken zurückgehaltene Schlamm wird auf Trockenplätze, welche auf der Reinigungsanlage untergebracht sind, gepumpt und hier aufgespeichert. Es ist bisher nur selten gelungen, denselben loszuwerden, weil die Umgebung Tiptons landwirtschaftlich nicht ausgenutzt wird. Man sucht den Schlamm anderweitig unterzubringen, auch denselben zu vergraben. Die Anlage ist seit dem Jahre 1889 in Betrieb. Der Reinigungseffekt ist nicht genügend.

Versuchsanlagen.

Die Anlage selbst bietet als solche nichts bemerkenswertes; sie wurde von uns nur besucht, weil daselbst neben einer kleinen „Gar-

Digitized by Google

field-"Anlage[1]) auch eine „Lowcock"-Anlage vorhanden sein sollte, die nach den Angaben des Erfinders besonders charakteristisch für sein System sein sollte. Die Besichtigung ergab, dass nach dem Lowcock-System 2 und nach dem erstgenannten System 1 Becken hergerichtet sind. Jedes dieser Becken hat eine quadratische Fläche von 4 m Seitenlänge, ist 1 m tief und wird nach dem Tropfverfahren betrieben. Das „Lowcock-Filter" ist mit Koks gefüllt, in der unteren Schicht sind Koksstücke von etwa Hühnereigrösse, in der mittleren Schicht von Wallnussgrösse und in der obersten Schicht Kies in einer Stärke von 5 bis 8 cm eingebaut. Auf dem Boden liegt ein System von eisernen Röhren, welche durchlöchert sind und durch welche in das Körpermaterial ununterbrochen Luft eingeblasen wird, und zwar sowohl während des Betriebes als auch während der Ruhepausen. Die Beschickung des Körpers, welche teils ununterbrochen Tag und Nacht, teils nur am Tage 12 Stunden lang erfolgt, geschieht von einer auf der einen Mauer befindlichen U-förmigen Rinne aus durch alte schmiedeeiserne, 5 cm starke Röhren, welche von der Rinne abzweigen und nach den verschiedenen Punkten des Tropfkörpers leiten. Das Lowcock-Filter ist 5 bis 6 Jahre lang in Betrieb gewesen und wird heute noch ab und zu benutzt. Es wird behauptet, dass es möglich ist, auf demselben 1,33 bis 5,0 cbm für je 1 qm der Tropfkörperoberfläche an jedem Tage zu reinigen oder ebenso viele Kubikmeter Abwasser pro 1 cbm Körpermaterial. Der durch die Tropfkörper bewirkte Reinigungseffekt soll ein „vorzüglicher" gewesen sein. Lowcock-filter.

Das „Garfield-Filter" ist mit Kohlen von verschiedener Korngrösse gefüllt, unten von Wallnussgrösse, oben von Erbsengrösse mit Kohlenstaub vermischt. Die Verteilung des Wassers über das Becken geschieht von einer U-förmigen Rinne aus mittels mehrerer auf der Oberfläche des Tropfbeckens ruhender, dreieckiger Holzrinnen. Die Beschickung des Tropfkörpers, welcher im Jahre 1896 in Betrieb gesetzt wurde, erfolgt täglich 12 Stunden lang. Ueber die quantitative Leistungsfähigkeit des Versuchskörpers konnte nichts näheres ermittelt werden. Zur Zeit der Besichtigung war derselbe ebenso wie die Lowcock-Becken schon längere Zeit ausser Betrieb. Auch die Garfieldanlage soll gute Resultate ergeben haben. Nach dem Berichte von G. Reid betrug die Abnahme des organischen Stickstoffes durchschnitt- Garfield-filter.

1) Vergl. Lichfield S. 186.

Digitized by Google

lich 80 %, die des Sauerstoffverbrauches (Vierstundenprobe) über 70 %.

Sowohl die Lowcock- als auch die Garfield-Versuchsanlage ist ausschliesslich mit solchem Wasser beschickt worden, welches chemisch vorgeklärt war.

Da die Versuchsanlage, die, nebenbei bemerkt, einen etwas verwahrlosten Eindruck machte, schon einige Zeit nicht mehr betrieben worden war, wurde von der Entnahme von Wasserproben für die Untersuchung Abstand genommen.

17. Lichfield.

Allgemeines. Lichfield, eine von altersher bekannte Stadt, in der Nähe von Birmingham mit grosser Kathedrale, hat eine Einwohnerzahl von 8000. Die Vorflutverhältnisse sind ausserordentlich schlechte. Ein kleiner, in der Regel trockener Bach, welcher etwa 7 km unterhalb der Stadt in den Trent fliesst, bildet die einzige Vorflut. In der Stadt befinden sich drei Brauereien, welche die Masse des Kanalisationswassers ausserordentlich vermehren. Während nämlich die Wasserleitung für häusliche und städtische Zwecke durchschnittlich täglich nur 600 cbm Wasser liefert, also 75 Liter pro Tag und Kopf der Bevölkerung, erhöhen die Brauereien, die etwa 300 cbm ihres Wasserbedarfes aus der vorgenannten Wasserleitung, den Rest aus eigenen Brunnen decken, den Trockenwetterabfluss der Kanalisation auf 1350 cbm (170 Liter pro Tag und Kopf der Bevölkerung). Der gesamte Abfluss der nach dem Mischsystem entwässerten Stadt wird in einem Kanal von 0,75 m Durchmesser mit eigenem Gefälle der Reinigungsanlage zugeführt. Eine ganz geringe Menge Abwasser, welches aus einem tief gelegenen Stadtteil stammt, wird in den Kanal mittelst einer kleinen Pumpenanlage gehoben. Die Reinigungsanlage befindet sich in einer Entfernung von etwa 3 km vom Mittelpunkt der Stadt. Das Abwasser braucht etwa 2 Stunden, um von hier bis zur Reinigungsanlage zu gelangen.

Chemische Zuschläge. Bei dem Eintritt in die Reinigungsanlage wird dem Abwasser, über dessen mittlere Zusammensetzung keine Angaben erlangt werden konnten, im Zubringerkanal erst Eisenalaun und danach in einer geringen Entfernung Kalk zugesetzt (vergl. Abb. 1 Blatt 44). Eine vorherige Reinigung des Abwassers durch einen Sandfang oder durch Gitter findet nicht statt. Der Eisenalaun wird wie auf anderen Reinigungsanlagen in Form von Kuchen in das Wasser eingehängt,

Digitized by Google

der Kalk wird als Kalkmilch zugesetzt. Ein kleiner Gasmotor dient dazu, die Kalkmilch vorzubereiten. Danach wird das gesamte Abwasser über 2 Reihen Klärbecken gleichmässig verteilt. Jede Reihe besteht aus drei hintereinander geschalteten Klärbecken, welche gemauerte Sohle und Seitenwände haben (vergl. Abb. 3 auf Blatt 44). Das Wasser durchströmt je drei Klärbecken in ununterbrochenem Strom. Zu diesem Zweck liegt die Oberkante der Scheidemauern im unteren Becken um je etwa 5 cm tiefer als im oberen Becken. Jedes Klärbecken ist 2 m tief, 6 m breit und 20 m lang, sodass die vorhandenen 6 Klärbecken die Menge des Trockenwetterabflusses eines Tages aufzunehmen vermögen. Am Ausflussende ist in jedem Becken ein hölzernes, feststehendes Schaumbrett angebracht, welches die schwimmenden Stoffe am Austritt verhindert. In der Regel ist jede der beiden Reihen eine Woche lang in Betrieb und wird darauf während der folgenden Woche gereinigt; es ist daher ständig nur eine Reihe der Klärbecken in Betrieb, während sich zugleich die andere Reihe in der Reinigung befindet. Zu dem Zwecke der Reinigung wird das in dem oberen Teil der Klärbecken stehende Wasser mit Schwimmerarmen[1]) in eine Grube entleert und von hier mit einer Centrifugalpumpe, welche durch einen Gasmotor angetrieben wird, in den Zubringerkanal zurückgeleitet. Der auf dem Boden des Klärbeckens verbleibende Schlamm wird darauf durch ein Rohr nach Oeffnung des Abschlussschiebers in eine Schlammgrube abgelassen, von hier mit einem Paternosterwerk in Schlammwagen gefördert und in diesen auf das zur Reinigungsanlage gehörige Feld zur Düngung gebracht. Man gewinnt jede Woche etwa 60 Tonnen Schlamm mit einem Wassergehalt von 90%, also etwa 6 Liter Schlamm pro 1 cbm Abwasser (Trockenwetterabfluss).

Klärbecken.

Schlamm.

Das von den Klärbecken abfliessende Wasser (bezüglich dessen Beschaffenheit vergl. Anlage II zu 17 und Seite 188) wurde bis zum Jahre 1899 in einer offenen Holzrinne mit eigenem Gefälle auf die andere Seite des die Reinigungsanlage durchfliessenden Baches geführt und hier auf dem Lande mit intermittierender Filtration behandelt (vergl. Blatt 44 Abb. 1). In der Talmulde des Baches, welche die offene Rinne zu überschreiten hat, ist diese auf senkrecht stehenden Tonröhren, welche mit magerem Cementbeton gefüllt sind, gestützt (vergl. Abb. 2 auf Blatt 44). Ursprünglich hatte man das

Intermittierende Filtration.

1) Vergl. diese Arbeit S. 108.

Digitized by Google

rohe Abwasser ohne vorherige chemische Behandlung auf das Land geleitet: es stellten sich aber dabei derartige Schwierigkeiten heraus, dass diese Reinigungsmethode sehr bald aufgegeben werden musste. Der gelblich braune Erdboden, welcher ein Verwitterungsprodukt des darunter liegenden Sandsteinfelsens darstellt und stark tonhaltig ist, war nämlich nicht genügend durchlässig, auch wegen seiner geringen Porosität und wegen der hierdurch bedingten geringen Luftzufuhr nicht imstande, das Wasser bis zu einem genügenden Grade zu reinigen. Auch war der Rieselboden von so ausserordentlich feinem Korn, dass die vorhandene Drainage nicht vor dem Eindringen der Bodenmassen geschützt werden konnte: das Wasser schwemmte den Erdboden in die Drainage hinein und verstopfte sie. Aber auch nach der Vorreinigung des Wassers durch Chemikalien und Ausscheidung des Niederschlages in Klärbecken konnten diese Missstände nicht behoben werden, was den unterhalb gelegenen angrenzenden Besitzern und Gemeinden Veranlassung gab, gegen die Stadtgemeinde Lichfield einen Prozess anzustrengen, welcher der Stadt ausserordentlich viel Geld gekostet hat. Infolge dieses Umstandes wurden auf Veranlassung der Stadtgemeinde von Garfield im Jahre 1896 Versuche

Tropfbecken. mit anderen Reinigungsmethoden angestellt. Auf Grund der Ergebnisse dieser Versuche wurden zunächst 4 Tropfbecken zur Ausführung gebracht, die dann im Jahre 1901 um weitere 4 Tropfbecken vermehrt worden sind.

Das gesamte Schmutzwasser von Lichfield wird seit dieser Zeit nach chemischer Vorbehandlung in Klärbecken durch sogenannte Garfield-Filter (Tropfbecken) nachbehandelt. Die Tropfbecken sind in den Boden eingegraben, haben also an den Seiten Erdböschungen. Eine Befestigung der Sohle durch Beton oder Mauerwerk ist nicht vorgesehen. Die Becken sind an der Oberfläche etwa 10 m breit, 20 m lang, die Tiefe der Füllung beträgt 1,5 m. Die 8 Tropfkörper besitzen mithin eine Gesamtoberfläche von 1600 qm und ein Körpermaterial von insgesamt rund 2400 cbm. Da der Trockenwetterabfluss zu 1350 cbm angegeben wird, so entfallen auf 1 qm Oberfläche täglich 0,84 cbm und auf 1 cbm Füllmaterial rund 0,56 cbm Trockenwetterabfluss.

Zum Zweck der Aufleitung des Abwassers auf die Tropfkörper ist von der vorstehend genannten Holzrinne ein eisernes Zuleitungsrohr abgezweigt. Da die offene Rinne gleichzeitig als Notauslass dient, so ist an der Abzweigestelle des Zuleitungsrohres ein

Digitized by Google

feines Sieb angebracht, welches die gröberen Bestandteile des Wassers, die bei Regen in die Rinne gelangen können, abhalten soll (vergl. Abb. 2 auf Blatt 45). Die Tropfbecken sind an ihrer Sohle mittelst gelochter Röhren, welche fischgrätenartig verlegt sind, entwässert (vergl. Abb. 1 auf Blatt 45). Das aus den Drainröhren ausfliessende Wasser gelangt in offene Rinnen, welche aus halbkreisförmigen Tonröhren gebildet sind, und in diesen alsdann in den benachbarten Bach.

Die Tropfkörper sind von unten nach oben wie folgt hergerichtet:

ca. 13,0	cm hoch:	Steinkohle	Korngrösse	12 mm
61,0	"	"	"	5 bis 6 "
61,0	"	"	"	3 " 5 "
15,0	"	Steinkohlenstaub	" unter	3 "

Die Verteilung des Wassers über jedes Becken geschieht durch 5 auf der Oberfläche lagernde, etwa 3 cm starke Röhren, welche in ihrem Scheitel mit kleinen Oeffnungen versehen sind. An jedem Loch ist um das Rohr eine lose Hülse geschoben, welche oben aufgeschlitzt und an dem Schlitz aufgebogen ist (vergl. Abb. 3 auf Blatt 45). Diese Hülse kann mittels einer Hebelvorrichtung a b c d (vergl. Abb. 1) mit Menschenhand derart um das Rohr verschoben werden, dass der Schlitz in der Hülse einmal nach der einen Seite und das andere Mal nach der anderen Seite des Rohres weist. Auf diese Weise kann das aus den Rohröffnungen strömende Wasser zu beiden Seiten des Rohres verteilt werden. Je vier Becken arbeiten miteinander gleichzeitig, und zwar 12 Stunden hintereinander, während sie in den folgenden 12 Stunden ruhen. Während der Ruhezeit treten die anderen vier Becken in Arbeit. Der durch die Tropfkörperanlage erzielte Reinheitsgrad ist ein durchaus zufriedenstellender. Seit der Einführung der Tropfbecken sind alle Klagen verstummt. Es ist bisher nicht erforderlich gewesen, die Tropfkörper vom Schlamm zu reinigen; selbst die ältesten vier Tropfbecken haben seit 4 Jahren ununterbrochen tadellos funktioniert. Die Tropfkörper werden je nach Bedarf an der Oberfläche umgeharkt oder umgegraben. Sollte eine Erneuerung der Kohlenfüllung erforderlich werden, so werden dadurch, wie man hofft, allzu hohe Kosten nicht entstehen, da der Kohlenpreis nur 9 M. die Tonne beträgt und man die alten Kohlen zur Feuerung verwenden kann, falls sich das Auswaschen als zu teuer erweisen sollte. Zur Zeit der Besichtigung war das aus den Tropfkörpern ausfliessende Wasser vollständig klar, farblos und fast geruchlos. Suspendierte Stoffe waren nur in Spuren vor-

Sprinkler.

Betrieb.

Reinigungserfolg.

Digitized by Google

handen. Die Durchsichtigkeit der entnommenen Probe lag über 25 cm. Das in dem Abflussgraben befindliche Wasser machte den Eindruck eines Quellwassers. Beim Stehen der entnommenen Probe in verschlossener Flasche schied sich aus der klaren Flüssigkeit ein leichter Niederschlag ab; die Probe zeigte einen Erdgeruch; eine Nachfaulung war nicht eingetreten. Ammoniak wurden 12 mg, organischer Stickstoff ca. 2 mg im Liter nachgewiesen. Der Kaliumpermanganatverbrauch (nach Kubel) lag bei 50, der Chlorgehalt bei 90 mg pro Liter (vergl. Anlage V zu 17).

Bostock Hill macht über die Garfieldanlage in Lichfield folgende Angaben (vergl. auch Anlage II und III zu 17):

Tabelle 24.

mg pro 1 l	Klärbeckenabfluss			Garfieldfilterabfluss		
	Minimalwerte	Maximalwerte	Durchschn.-werte	Minimalwerte	Maximalwerte	Durchschn.-werte
Ammoniak	4,2	23,7	11,2	0,8	10,2	3,9
Albuminoidammoniak .	0,6	3,4	1,6	0,25	0,7	0,4
Chlor	51,0	77,0	60,0	59,0	120,0	76,0
Nitratstickstoff . . .	—	—	—	3,3	12,3	5,8
Sauerstoffverbrauch . (Vierstundenprobe)	2,0	18,2	9,2	1,2	2,9	1,9

Nach diesen Zahlen beträgt die mittlere Abnahme des Ammoniaks ca. 65 %, die des Albuminoidammoniaks 75 % und die des Sauerstoffverbrauches rund 80 % (vergl. Anlage IV zu 17).

Sturm- und Notauslasswasser.

Das Notauslasswasser wird im ganzen Umfange auf die Reinigungsanlage geführt, da in der Stadt selbst Notauslässe nicht vorgesehen sind. Soweit das Sturm- und Notauslasswasser in den Klär- und in den Tropfbecken nicht gereinigt werden kann, wird es durch die oben bezeichnete offene Rinne auf die andere Seite des Baches geführt und kommt hier zur Verrieselung. Die gesamte Reinigungsanlage ist etwa 56 ha gross; davon wurden früher, vor Einführung der Tropfbecken, 24 ha, jetzt 16 ha zur Unterbringung des Schlammes benutzt. Etwa 20 ha dienen zum Verrieseln des Sturmwassers.

Kosten.

Auf der Anlage sind 2 Maschinisten, je einer am Tage und in der Nacht, und 3 Arbeiter, die sich in die Tages- und Nachtarbeiten teilen, beschäftigt. Der Betrieb der gesamten Anlage, zu welcher noch etwa 20 ha Ackerboden gehört, der in gewöhnlicher Weise be-

Digitized by Google

wirtschaftet wird, kostet jährlich etwa 18000 M. (Verzinsung und Schuldentilgung ist nicht darin enthalten) und bringt etwa 14000 M. Einnahmen. Die gesamten Betriebskosten betragen also jährlich 4000 M. oder 0,8 Pf. für das Kubikmeter Abwasser bezogen auf den Trockenwetterabfluss. Ohne Abzug der Einnahmen belaufen sich die Kosten für die Reinigung eines Kubikmeters Abwasser auf 3,6 Pf.

18. Horfield.

Horfield ist eine kleine Vorstadt von Bristol mit etwa 3500 Einwohnern; sie liegt auf einem stark welligen Gelände, verhältnismässig hoch über der Talsohle des die Stadt Bristol durchziehenden, schiffbaren Flusses Avon. Der Wasserverbrauch beträgt in Horfield pro Kopf und Tag etwa 110 Liter. Fabriken sind in dem Ort nicht vorhanden, das Abwasser setzt sich daher ausschliesslich aus Hauswasser zusammen, und der tägliche Trockenwetterabfluss berechnet sich also gleichfalls zu 110 Liter pro Kopf der Bevölkerung. Allgemeines.

Da an dem Orte noch Kasernen vorhanden sind, so gelangt eine sehr grosse Menge Urin in das Kanalwasser, sodass dasselbe, wie die später aufgeführten Analysenwerte erkennen lassen, eine ziemlich hohe Konzentration aufweist und einen ziemlich starken Geruch verbreitet. Der Ort ist nach dem Mischsystem entwässert; jedoch wird das Regenwasser von den Strassenflächen und von den an der Strassenfront gelegenen Dachabfallrinnen in den benachbarten Strassenrinnstein geleitet und in demselben, erforderlichenfalls unter Zuhülfenahme von unterirdischen Leitungen, direkt in den Bach Froom geleitet, welcher in den Hafen von Bristol ausmündet. Das Regenwasser von den Hofflächen und von den an den Höfen befindlichen Dachabfallrinnen wird auf unterirdischem Wege den Kanalisationsleitungen (Abwasserleitungen) zugeführt. Man kann hiernach schätzen, dass etwa nur die Hälfte des gesamten Regenabflusses in die Kanalisation und in dieser auf die Reinigungsanlage gelangt, während die andere Hälfte direkt dem Bach zugeführt wird. Die Reinigungsanlage liegt von der nächsten bebauten Grenze des Vorortes etwa 2,5 km entfernt. Das Wasser fliesst der Reinigungsanlage mit eigenem Gefälle zu und braucht etwa eine halbe Stunde, um zu dieser zu gelangen. Die Reinigungsanlage selbst liegt neben dem Bach Froom auf dem verhältnismässig steilen Ufer desselben. Im Falle von starken atmosphärischen Niederschlägen erhöht sich die der Reinigungsanlage zuströmende Wassermenge bis auf 4500 cbm. Die Reinigungsanlage

ist nur so gross bemessen, dass sie den Trockenwetterabfluss (rund 380 cbm pro Tag) zu reinigen imstande ist. Es wird daher der gesamte Ueberschuss über den Trockenwetterabfluss direkt dem Bach zugeführt. Zu diesem Zweck ist auf der Reinigungsanlage ein Ueberfall mit Notauslass vorhanden (vergl. Abb. 1 auf Blatt 46).

Gitter. Kurz vor dem Eintritt in die Reinigungsanlage durchfliesst das Wasser ein Gitterwerk, durch welches die groben Schwebestoffe: Lappen, Stroh, Papier u. s. w., abgehalten werden. Das Gitter wird alle Tage einmal mit Handbetrieb gereinigt. Ein Sandfang ist nicht vorhanden. Unmittelbar hinter dem Gitter wird dem Wasser ein Fällungsmittel zugesetzt, Aluminiumcake genannt, welches in seiner Zusammensetzung ähnlich dem Eisenalaun ist. Das Aluminiumcake ist wie der Eisenalaun in Brodform zubereitet und wird in einen Korb, der sich über dem offenen Zubringerkanal befindet, gelegt. Durch Abwasser, welches aus dem Zubringerkanal in seinen hoch gelegenen Teilen abgeleitet ist, wird oberhalb des Korbes ein Tropfhahn gespeist, von dem aus das Aluminiumcake ununterbrochen bespült und abgewaschen wird. Man verbraucht durchschnittlich 65 g dieses chemischen Mittels auf je 1 cbm Abwasser. Dieser Zusatz wird bis zu 86 g erhöht, wenn das Abwasser stärker konzentriert ist.

Chemische Zuschläge.

Dortmund-brunnen. Zur Klärung des Abwassers werden 3 sogenannte Dortmundbrunnen verwendet. Diese sind nebeneinander in einem Gebäude untergebracht. Sie haben im Grundriss eine kreisförmige Gestalt mit einem lichten Durchmesser von 3,1 m. Die Brunnen sind in ihrem oberen, 3 m tiefen Teile zylindrisch und in dem unteren, gleichfalls 3 m tiefen Teile kegelförmig ausgebildet (vergl. Abb. 1 und 2 auf Blatt 46). Das Gesamtfassungsvermögen dieser 3 Brunnen beträgt 200 cbm. Auf 1 cbm des Trockenwetterabflusses entfallen mithin 0,52 cbm Brunneninhalt. Das Abwasser wird über die drei Brunnen gleichmässig verteilt. Es wird in der Mitte jedes Brunnens durch ein eisernes, senkrecht eingehängtes Rohr in den kegelförmigen Teil geleitet und hier durch dachförmig gestaltete, umgekehrte Verteilungsrinnen gleichmässig über den Querschnitt des Brunnens verteilt (vergl. Bl. 46 Abb. 2b). Das Wasser steigt in dem Brunnen nach oben, wird hier von hölzernen Rinnen aufgenommen und in einen ringförmigen Kanal geleitet, aus welchem es mittelst je eines Rohres zur weiteren Behandlung abgeleitet wird. In dem Augenblick, in welchem das Wasser in dem Klärbrunnen an den Verteilungsrinnen seine Bewegungsrichtung ändert, wird ein grosser Teil der suspendierten Stoffe ausgeschieden;

Digitized by Google

ein anderer Teil scheidet sich während der aufwärts gerichteten Bewegung des Wassers in dem zylindrischen Teil aus.

Schlamm.

Die ausgeschiedenen suspendierten Stoffe setzen sich unten in dem kegelförmigen Teil des Klärbrunnens als Schlamm ab und werden von hier mit einem Schlammrohr entfernt. Da das Schlammrohr tiefer liegt als der Wasserspiegel im Brunnen, so wird der Schlamm durch den Ueberdruck des Wassers selbsttätig in das Schlammrohr hineingetrieben, sobald der Schieber im Schlammrohr geöffnet wird. Der Schlamm fliesst in eine Grube und wird von hier mit Luftdruck in eine Filterpresse gedrückt, in dieser entwässert und in Kuchenform gebracht. - Die Druckluftanlage und die Filterpresse werden mit einem Gasmotor betrieben. Man gewinnt jährlich etwa 3000 Tonnen flüssigen Schlamm (97 % Wassergehalt) und erzeugt aus demselben 250 Tonnen gepressten Schlamm (Wassergehalt 60 %). Der flüssige Schlamm berechnet sich also auf 21 Liter und der gepresste Schlamm auf 1,8 Liter auf 1 cbm des Trockenwetterabflusses. Von jedem Klärbrunnen wird der Schlamm zweimal am Tage abgelassen. Demselben wird vor der Behandlung in der Filterpresse Kalkmilch zugesetzt. Das Gewicht des verbrauchten Stückkalks beträgt 5 % des flüssigen Schlamms. Das Wasser, welches von den Filterpressen abfliesst, wird dem Zubringerkanal wieder zugeführt. Die erzeugten Schlammkuchen finden keinen Absatz; mit ihnen wird niedrig gelegenes Gelände der Reinigungsanlage aufgefüllt.

Reinigungserfolg der Dortmundbrunnen.

Nach den englischen Angaben enthält das aus der Klärbrunnenanlage austretende Wasser meistens nur noch wenig suspendierte Stoffe (ca. 50 mg pro 1 Liter). Die Abnahme derselben, auf Rohwasser berechnet, soll über 80 % betragen. Die Klärbeckenabflüsse besitzen ebenso wie das Rohwasser den typischen Geruch eines konzentrierten, häuslichen Abwassers. Die Zusammensetzung des Rohwassers bei Trockenwetter ist nach den englischen Angaben (vergl. Anlage I zu 18a und b) folgende: Suspendierte Stoffe (Gesamtmenge) 300,0; Ammoniak 134,3; Albuminoidammoniak 11,0; Sauerstoffverbrauch (Vierstundenprobe) 70,0; Chlor 121,0 mg pro 1 Liter.

Polaritefilter verlassen.

Aus den Klärbrunnen wurde das Wasser bis zum Jahre 1901 in unterbrochenem Betriebe auf 3 Filterbecken von je 30 qm Grundfläche und 0,85 m Tiefe, welche unten mit Kies von 50 mm Korngrösse, oben mit Kies von 3 mm Korngrösse und in der Mitte mit einer Schicht von Polarite[1]) gefüllt waren, geleitet. Dieses

1) Vergl. Chorley S. 143.

Digitized by Google

Verfahren hat sich nicht bewährt. Die Filterbecken erwiesen sich als zu klein und hätten in bedeutendem Umfange vermehrt werden müssen, wodurch verhältnismässig grosse Kosten entstanden wären. Ausserdem war die Reinigung des Abwassers eine mangelhafte. Man stellte daher mit dem sogenannten „Stoddartfilter" (Tropfkörper) Versuche an und fand, dass sowohl die Anlage- als auch die Betriebskosten hierbei wesentlich geringer waren als bei einer Vergrösserung der vorhandenen Polaritefilter. Man hat daher im Jahre 1902 neben dem Versuchs-Stoddartfilter ein grösseres Stoddartfilter eingebaut. Beide Tropfkörper sind seit jener Zeit ununterbrochen im Betrieb und haben nach den uns gewordenen Mitteilungen zur einwandsfreien Reinigung des Trockenwetterabflusses vollkommen genügt.

Stoddart-filter.

Das „Stoddartfilter" ist ein Tropfbecken, über welches das Wasser mittels einzelner Wellblechtafeln aus verzinktem Eisenblech verteilt wird. Die Verteilung geschieht in ununterbrochenem Strom. Die Wellblechtafeln zweigen zu beiden Seiten von Rinnen ab, welche aus U-Eisen gebildet sind und auf der Oberfläche des Tropfkörpers ruhen. Die Breite jeder Wellblechtafel beträgt 60 cm, die Länge 2,0 m und der offenbleibende Zwischenraum zwischen je 2 Wellblechtafeln 30 cm. Jede Welle des Wellblechs ist auf dem Scheitel des Wellenberges in Entfernungen von 10 zu 10 cm mit viereckigen Löchern versehen, durch welche das Wasser auf den Tropfkörper fliesst. Um zu bewirken, dass das Wasser in einzelnen Tropfen dem Tropfkörper zugeführt wird, sind in den Wellentälern nagelförmige Stifte eingebracht, an welchen das Wasser abtropft (vgl. Abb. 3 auf Blatt 46). Das Tropfbecken I, das alte Versuchsbecken, ist in einem der alten vorhandenen Polaritebecken untergebracht; das Tropfbecken II ist neu gebaut. Jeder der beiden Tropfkörper ist aus Kesselrostschlacke mit einem möglichst gleichmässigen Korn von 75 mm hergestellt. Die Schlacke ist vor dem Einbauen gesiebt und gewaschen worden. Der Tropfkörper ist zwar von allen Seiten mit aus Beton hergestellten Wänden umgeben, indessen ist zwischen den Umfassungswänden und dem Tropfkörper allseitig, mit Ausnahme an der unteren Wand des Tropfbeckens II, ein Zwischenraum gelassen, welcher die Luftzufuhr vermittelt, und auf dessen Sohle das gereinigte Wasser abfliesst. Die Tropfkörper haben an diesen Zwischenräumen steile Böschungen erhalten, welche mit grösseren Schlackenstücken ausgepackt sind. Der aus Beton hergestellte Boden der Tropfbecken hat eine Neigung nach der Ausflussseite zu erhalten. Eine Drainage ist nicht vorhanden.

Digitized by Google

Die Höhe des Tropfkörpers beträgt in dem Tropfbecken I 0,9 m und in dem Tropfbecken II 2,3 m. Die beiden Tropfbecken arbeiten jedes für sich. Das aus den Tropfbecken abfliessende Wasser wird dem Froombach ohne weitere Behandlung zugeführt.

Reinigungserfolg.

Bei unserer Anwesenheit auf der Reinigungsanlage waren die Tropfkörperabflüsse leicht getrübt. Eine von uns entnommene Probe (vergl. Anlage V zu 18a und b) enthielt zahlreiche hellbraune Flocken (22 mg pro 1 Liter). Die Untersuchung ergab, dass diese Stoffe aus reichlichen Mengen von Bakterienzoogloeen, aus vereinzelten Sphärotilusfäden, aus Carchesium, Nematoden, Streptokokkusfäden und Spirillen, also keineswegs aus verwittertem Körpermaterial oder aus torfähnlichen Stoffen, wie einzelne englische Untersucher angeben, sondern der Hauptsache nach aus Organismen bestanden, welche sich in dem Tropfkörper angesiedelt hatten und mit dem Abwasserstrom aus demselben abgeschwemmt waren. Die Durchsichtigkeit des Wassers lag bei 11 cm. Seine Farbe war gelblich, sein Geruch modrig. Nach 10tägigem Aufbewahren der Probe war eine Klärung derselben eingetreten; doch zeigte dieselbe immer noch eine leichte Opalescenz. An Stelle des modrigerdigen Geruches war ein mehr dumpfiger getreten. Ein Fäulnis- oder Schwefelwasserstoffgeruch war nicht zu bemerken. Das Wasser hatte also seine Fäulnisfähigkeit durch die geübte Behandlung verloren. Bezüglich der chemischen Zusammensetzung der Probe sei auf die vorgenannte Anlage V zu 18a und b verwiesen.

Nach den englischen Ermittelungen (vergl. Anlage III und IV zu 8b) enthält der Tropfkörperabfluss bei einer täglichen Leistung von ,4 cbm Abwasser pro 1 qm Tropfkörperoberfläche durchschnittlich: mmoniak 10,0; Albuminoidammoniak 2,8; Sauerstoffverbrauch (Vierundenprobe) 19,0; Nitrate und Nitrite 79,2 mg pro 1 Liter. Auf rgeklärtes Abwasser berechnet, wird die Abnahme des Albuminoidmmoniaks zu 75 %, die des Sauerstoffverbrauchs zu 84 % angegeben. in gleicher Reinigungseffekt soll auch bei 14tägiger, bis auf — 10° C. erabgehender Kälte beobachtet worden sein: Obgleich das Wasser in en Verteilern gefroren war und die Ausläufe dicke Eiskrusten aufiesen, erfuhr der Betrieb keinerlei Unterbrechung. Die Abflüsse waren icht mehr fäulnisfähig und enthielten fortdauernd grosse Mengen von itraten.

Betrieb.

Die beiden Tropfbecken sind seit der Zeit ihres Bestehens ununterbrochen Tag und Nacht in Betrieb gewesen und sollen sich gut ewährt haben; eine Verstopfung ist bis jetzt nicht eingetreten. Man

Digitized by Google

hat bei dem Tropfbecken I im Durchschnitt 2,1 cbm und bei dem Tropfbecken II im Durchschnitt 3,8 cbm, in besonderen Fällen sogar bis zu 4,5 cbm auf je 1 qm Oberfläche täglich reinigen können oder, pro 1 cbm Material gerechnet, bei Körper I 2,3 cbm und bei Körper II 1,7 cbm. Die Löcher in den Wellblechtafeln haben bisher während der ganzen Betriebszeit nur einmal gereinigt werden müssen. Ob durch die Wellblechanlage dauernd die erforderliche gleichmässige Verteilung des Abwassers über die Oberfläche der Tropfkörper bewirkt wird, hat nicht festgestellt werden können. Die Befürchtung, dass im Fall des Durchbiegens der Wellblechtafeln die gleichmässige Verteilung ganz erheblich gestört wird, kann nicht von der Hand gewiesen werden.

Kosten. Die Kosten für die Herstellung der ursprünglichen Reinigungsanlage mit den 3 Polaritebecken haben 140 000 Mk. betragen. Die Kosten für die Umänderung des einen Polaritebeckens in das Stoddart filter I sind nicht bekannt. Die Kosten für die Herstellung de Stoddartfilters II haben mit Einschluss aller Anlagen 5400 Mk betragen. Hiernach kann man die gesamten Kosten, welche bishe auf die Herstellung der Reinigungsanlage entstanden sind, auf etw 150 000 Mk. schätzen, also auf etwa 42 Mk. pro Kopf der Bevölkerun Die Kosten für den Betrieb, mit Ausschluss der Kosten für die Ve zinsung und Schuldentilgung, betragen etwa 4500 Mk. pro Jahr un setzen sich wie folgt zusammen: 1 Aufseher 2000 Mk.; 1 Arbeit 1200 Mk.; Kalk 300 Mk.; Aluminiumcake 400 Mk.; Gas zum Betrie der Druckluftanlage, Ausbesserung und Unterhaltung der Filterpress und Wasser 600 Mk.

Auf je 1 cbm Abwasser (Trockenwetterabfluss) entfallen hiernac 3,2 Pf., ein Betrag, welcher ausserordentlich hoch ist. Diese hohe Kosten werden auf den verhältnismässig teueren Betrieb der Klärbrunne zurückgeführt, und man beabsichtigt daher, die Klärbrunnen durch Faulbecken zu ersetzen. Aus den vorstehenden Zahlen ergibt sich aber, dass die Tagelöhne den Hauptanteil der Betriebskosten ausmachen und dass somit eine wesentliche Herabminderung der Kosten durch die Schaffung von Faulbecken nicht erzielt werden kann. Die Höhe der Betriebskosten ist nach unserer Auffassung lediglich darauf zurückzuführen, dass die Wassermengen ausserordentlich gering sind und dass die Anzahl der Arbeiter zu diesen Wassermengen in einem ungünstigen Verhältnis steht.

Digitized by Google

Anlage I.

(Kapitel IV)

diesen A

Vorl

131

Misc
syste

150
200

—

häusl

6

5

50 883

55

7

49

208

21

Digitized by Google

Kapitel V.

Vergleichende Besprechung der Reiseerfahrungen.

Entwickelung der Abwasserreinigungsfrage.

Die Abwasserreinigungsfrage hat sich in England in gewisser Hinsicht anders entwickelt als in Deutschland. Die Flussläufe führen in England ohne Ausnahme verhältnismässig geringe Wassermengen und werden von altersher nicht selten für die Wasserversorgung von Städten und Orten ausgenutzt; sie vertragen also keine oder doch nur eine sehr geringe Zufuhr von Schmutzstoffen. Auf der anderen Seite besitzt England eine verhältnismässig dichte Bevölkerung, namentlich in den Industriestädten, und eine stark entwickelte Industrie; die Produktion von Abwasser, nicht selten von stark konzentriertem, ist also eine verhältnismässig grosse. Diese Umstände haben zusammengewirkt, schon von altersher der Abwasserreinigungsfrage eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Tatsache ist, dass in England bereits seit mehreren Jahrzehnten fast jede Stadt oder jeder grössere Ort das Abwasser einer Reinigung unterzieht und dass ungereinigtes Abwasser nur in verhältnismässig geringem Umfange, in der Regel nur noch von gewissen gewerblichen Anlagen, in die Wasserläufe gelangt. Die Ansprüche an den Reinheitsgrad der Flüsse sind im Laufe der Zeit mehr und mehr gewachsen und stehen gegenwärtig auf einer verhältnismässig hohen Stufe. Es ist daher erklärlich, dass man in England an grössere Ausgaben für die Abwasserreinigung gewöhnt ist als in Deutschland. Die Anlage von Rieselfeldern stösst in England wegen der dichten Bevölkerung, wegen der verhältnismässig hohen Kosten für den Grunderwerb und wegen der geringen Durchlässigkeit des Bodens nicht selten auf unüberwindbare Schwierigkeiten. Man war daher von vornherein in sehr vielen Städten und Ortschaften auf die künstliche Reinigung des Abwassers angewiesen, welche früher fast ohne Ausnahme durch den Zusatz von chemischen Fällungsmitteln in Klärbecken bewirkt wurde. Nachdem man mit dem Fortschritt der Wissenschaft die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass es nicht möglich war, mit dem chemischen Verfahren den erforderlichen Reinheitsgrad zu erzielen, war man genötigt, eine andere Reinigungsmethode einzuführen, und hat mit grossem Eifer das biologische Verfahren durchforscht und dasselbe bereits mehrfach zur Anwendung gebracht, nachdem angestellte Versuche die Brauchbarkeit In England.

dieses Verfahrens aussichtsvoll gestaltet hatten. Uebrigens stellt sich die Einführung des biologischen Verfahrens in England fast durchweg als eine Erweiterung und Ergänzung des bisherigen chemischen Verfahrens dar; man behält die vorhandenen Anlagen bei und fügt die biologischen Körper ein.

In Deutschland.

In Deutschland liegen die Verhältnisse vielfach anders. Das Land ist im allgemeinen weniger dicht bevölkert, die Flüsse weisen meist weniger Anwohner, die auf das Wasser derselben für Trink- und Nutzzwecke angewiesen sind, auf und sind durchweg so wasserreich, dass bei dieser Sachlage die Möglichkeit der Einführung von Rohwasser in die Vorfluter unter Umständen sogar ohne weitergehende Vorbehandlung zulässig erscheint. Infolgedessen finden sich bis vor wenigen Jahren in Deutschland gegenüber England nur verhältnismässig wenige Städte oder Ortschaften, welche Reinigungsanlagen errichtet haben, und, wo dies geschehen ist, wie z. B. bei manchen volkreichen, im Osten und Norden gelegenen Städten, welche zu einer intensiven Reinigung ihrer Abwässer nach Lage der gegebenen örtlichen Verhältnisse gezwungen sind, erfolgt dieselbe mit Rücksicht auf die Durchlässigkeit und Billigkeit des Bodens zumeist wohl auf Rieselfeldern und seltener durch künstliche Reinigungsmethoden. Diese Verhältnisse haben sich aber in den letzten Jahren nicht unwesentlich geändert. Die Städte zeigten fast ohne Ausnahme ein mächtiges Anwachsen der Bevölkerung; es entstanden ausgedehnte Industriebezirke mit zahlreichen, schädliche Abwässer produzierenden Fabriken. Hand in Hand damit machte sich die Notwendigkeit bemerkbar, zwecks Vermeidung der Verunreinigung der öffentlichen Wasserläufe auf eine Abhülfe zu sinnen, welche die Abwasserfrage in hygienisch und wirtschaftlich vorteilhaftester Weise zu lösen imstande wäre. Man hat sich deshalb in Deutschland ebenso wie in England in den letzten 4 bis 6 Jahren mit Eifer auf das biologische Reinigungsverfahren geworfen, umsomehr als die wenigen, nach dem chemischen Verfahren arbeitenden Anlagen ebenso wie in England fast ohne Ausnahme so gut wie vollständig versagt hatten und das Kohlebreiverfahren, welches von mancher Seite als Ersatz der Berieselung angesehen wurde, auf Grund der inzwischen gemachten praktischen Erfahrungen sowohl hinsichtlich des erzielten Reinigungseffektes wie der aufzuwendenden Kosten an manchen Orten nicht die Erwartungen erfüllte, welche man auf dasselbe gesetzt hatte. Deutschland steht zur Zeit mitten in der Bewegung. Reinigungsanlagen für die einwandsfreie Beseitigung seiner Abwässer

Digitized by Google

zu schaffen, und hat deshalb das gleiche Interesse, neue Reinigungsmethoden auszubilden, wie England. Das Abwasser aus englischen Städten hat im allgemeinen die gleiche Beschaffenheit wie dasjenige aus deutschen Städten, nur dass es mit Rücksicht auf den höheren Wasserverbrauch weniger konzentriert ist. Es ist daher der Schluss berechtigt, dass alle Reinigungsanlagen und Reinigungsmethoden, welche in England zum Ziele führen und geführt haben, auch in Deutschland sinngemässe Anwendung finden können, dass aber schon allein mit Rücksicht auf die meist höhere Konzentration der deutschen Abwässer ein direktes Uebertragen der Grössenverhältnisse einer englischen Abwasseranlage nur selten angängig ist.

Abwasser.

Aus der Anlage 1 des Kapitels IV ergibt sich, dass in den besichtigten Orten der Wasserverbrauch zwischen 90 und 170 Liter für den Tag und Kopf der Bevölkerung liegt. Der Trockenwetterabfluss entspricht in Wohnstädten im allgemeinen dem Wasserverbrauch aus der städtischen Leitung, wird aber in Städten mit gewerblichen Anlagen durch Fabrikabflüsse vermehrt; denn die Fabriken pflegen mit Rücksicht auf die Kosten ihr Wasser in der Regel nicht aus der Wasserleitung, sondern aus eigenen Wasserwerksanlagen zu entnehmen. Ferner tritt eine geringe Vermehrung ein aus Grundwasser-Brunnenanlagen, die sich auf den Strassen und auf den Höfen der Grundstücke befinden. Die aus gewerblichen Anlagen stammende Abwassermenge ist oft nicht unbedeutend. In den besichtigten Orten erreicht sie eine Höhe bis zu 50 % und mehr, bezogen auf den Wasserverbrauch aus der öffentlichen Wasserleitung. Je grösser die Vermehrung des Abwassers durch den Abfluss aus gewerblichen Anlagen ist, desto schwieriger gestaltet sich im allgemeinen die Reinigung, namentlich wenn es sich dabei um Fette, Seifen, Farbstoffe, chemische Beimengungen, giftige Metallsalze, freie anorganische[1]) Säuren, Abflüsse aus Schlachthäusern, aus Gerbereien, aus Gasanstalten und dergl. handelt. Auch die Fasern aus der Textil- und Cellulose-Industrie bieten der Reinigung des Abwassers bedeutende

1) Organische Säuren, wie Milch- und Buttersäure, bereiten in Konzentrationen, wie sie in manchen industriellen Abwässern vorkommen, im allgemeinen keine Schwierigkeiten.

Digitized by Google

Hindernisse. Dagegen sind die eisenhaltigen Abwässer aus Galvanisierungs- und Kupferwerken, wenn sie nicht freie Säuren enthalten, für die Reinigung des Abwassers insofern nützlich, als die in dem Abwasser enthaltenen Eisensalze als chemische Fällungsmittel wirken und dadurch den Zusatz besonderer Salze, der sonst vielleicht erforderlich gewesen wäre, nicht oder in bedeutend geringerer Menge notwendig machen. Bei den Eisensalzen ist aber insofern grosse Vorsicht geboten, als sie, sobald sie in der Vorreinigungsanlage nicht vollständig ausgeschieden werden, in einer event. nachgeschalteten biologischen Anlage stark verkürzend auf die Brauchbarkeitsdauer der biologischen Körper wirken können[1]). Je grösser die Menge der gewerblichen Beimengungen vorstehend erwähnter Art ist, desto komplizierter muss die Reinigungsanlage ausgestaltet werden. Dieser Umstand gibt vielfach Veranlassung, die Wässer auf der Reinigungsanlage mit chemischen Fällungsmitteln vorzubehandeln und erforderlichenfalls noch einer besonderen Nachbehandlung zu unterziehen. Es gibt aber auch gewerbliche Abwässer, welche zum allergrössten Teil aus verhältnismässig reinem Wasser bestehen: dahin gehören Kondensations-, Kühl- und Spülwässer, letztere z. B. aus Färbereien. Diese vermehren zwar den Wasserabfluss, erschweren aber nicht die Reinigung des Abwassers.

In der Regel vermischt sich das Abwasser aus den gewerblichen Anlagen in den Zubringern mit dem übrigen Abwasser sehr innig, namentlich wenn der Weg bis zur Reinigungsanlage lang ist. Ueberwiegen die gewerblichen Abwässer, oder entfällt auf sie ein verhältnismässig grosser Anteil, so kann es vorkommen, dass sie dem häuslichen Abwasser einen anderen Charakter verleihen und es seiner Beschaffenheit nach völlig umändern. Tritt aus irgend welchen Ursachen eine innige Vermischung nicht ein, so geschieht es wohl, dass das Abwasser seiner Beschaffenheit und seinem Charakter nach in kurzen Zwischenräumen stark wechselt. Auch dasjenige Abwasser, welches Fabrikwasser nicht enthält, also ausschliesslich aus Hauswasserabflüssen besteht, ist nur selten während des ganzen Tages ganz gleichartig zusammengesetzt; es befindet sich vielmehr seiner Beschaffenheit nach im stetigen Wechsel.

Wird dem Abwasser einer Stadt noch das Regenwasser hinzugeführt (Mischsystem), so ändert sich damit der Charakter und die Menge des Abwassers mit der Zuflussmenge, welche das Regenwasser jeweilig bringt. Das Regenwasser verdünnt den Trockenwetterabfluss

1) Versuche in Leeds von W. H. Harrison, Chemiker der Knostrop Sewage Works.

Digitized by Google

bis auf das 20- bis 50fache desselben. Hiervon wird in der Regel nur die Wassermenge bis zum 6fachen des Trockenwetterabflusses (Dünn- und Sturmwasser) auf die Reinigungsanlage gebracht; der Ueberschuss (Notauslasswasser) wird den öffentlichen Wasserläufen ohne Reinigung direkt zugeführt.

Am einfachsten gestaltet sich nach dem Vorstehenden die Reinigungsanlage, wenn in derselben ausschliesslich Hauswasser im Trennsystem behandelt wird, schwieriger, wenn zu demselben stark verunreinigtes Abwasser aus gewerblichen Anlagen kommt, und am schwierigsten, wenn ausserdem noch Regenwasser hinzutritt. Im letzteren Fall müssen auf der Reinigungsanlage umfangreiche Vorrichtungen für das Sturmwasser in Reserve gehalten werden. Die von uns besichtigten Anlagen sind fast durchweg sehr kompliziert gestaltet, da sie meistens aus Mischsystemen stammende Abwässer, denen reichliche Mengen industrieller Abgänge beigemischt sind, zu reinigen haben.

Je weniger Beimengungen gelöster und ungelöster Natur das Abwasser hat, desto einfacher gestaltet sich im allgemeinen seine Reinigung; je konzentrierter das Abwasser ist, desto schwieriger ist dieselbe. Die Konzentration in bezug auf die gelösten Stoffe erkennt man, wie auf S. 30 und später dargelegt wurde, an dem Sauerstoffverbrauch, an dem Gehalte des Abwassers an Albuminoidammoniak oder an organischem Stickstoff, bei häuslichen Abwässern auch an dem Chlorgehalt[1]); die Konzentration in Bezug auf ungelöste Stoffe ist mit dem Gehalt an suspendierten Stoffen identisch. Je mehr Schwebestoffe das Wasser enthält, desto mehr Schlamm wird in den Klär-, Absitz- und Faulbecken produziert. Die Produktionsmenge an Schlamm ist also ein Indikator für den Gehalt an nicht gelösten Stoffen. Natürlich muss dabei die Menge etwa zugesetzter Chemikalien berücksichtigt werden.

Die mittlere Zusammensetzung der in den besichtigten Anlagen zur Behandlung kommenden Abwässer ist aus Anlage I des Kapitels IV ersichtlich. In dieser Anlage sind auch die Analysenergebnisse der Abwässer aus einigen deutschen Städten vergleichsweise mitaufgeführt. Unter Berücksichtigung der Verschiedenheit englischer und deutscher Analysenwerte[2]) müssen die Wässer von Lichfield, Heywood und Chorley als dünne Abwässer, die von Birmingham, Caterham und Horfield als

---

1) Da der Chlorgehalt des Trinkwassers den des Abwassers naturgemäss beeinflusst, so ist in Kapitel IV Anlage I auch die Chlormenge des jeweils in Frage kommenden Trinkwassers mitaufgeführt.

2) Vergl. hierzu das auf S. 31 und 33 dieser Arbeit Gesagte.

konzentrierte Wässer, und die der übrigen Städte als Abwässer von etwa mittlerem Konzentrationsgrad angesehen werden. Ein Vergleich der englischen Werte mit den deutschen — diese könnten durch zahlreiche weitere Werte ergänzt werden — zeigt, dass letztere nur selten von den ersteren erreicht werden, d. h. dass die grösste Mehrzahl der in Anlage I aufgeführten englischen Abwässer eine nicht so hohe Konzentration aufweist wie die Abwässer der daselbst erwähnten deutschen Städte.

Zubringer.

Das Abwasser wird der Reinigungsanlage in unterirdischen, in der Regel gemauerten oder aus Beton hergestellten Kanälen zugeführt. Die hügelige Beschaffenheit der Erdoberfläche in England gestattet im allgemeinen, das eigene Gefälle der Kanäle für die Zuleitung auszunutzen. Nur selten sind Hebewerke eingeschaltet, wie z. B. in York und Leeds. Wo es die Verhältnisse bedingen, führt man das Abwasser der Reinigungsanlage in zwei verschiedenen Zubringern zu: in dem einen, hoch gelegenen (high level) mit eigenem Gefälle und in dem anderen, aus tief gelegenen Stadtteilen kommenden (low level) vermittels eines Hebewerks. Grössere Höhen als etwa 10 m sind von den Hebewerken selten zu überwinden.

Lage der Reinigungsanlagen.

Die Reinigungsanlagen liegen fast ausschliesslich ausserhalb des Stadtgebiets, jedoch sind die Entfernungen derselben, vom Mittelpunkt des Ortes berechnet, verhältnismässig gering. Die grösste Entfernung weist London (Barking) auf mit etwa 13 km, dann kommt Manchester mit 8, York mit 6,5, Leeds (Knostrop) mit 5 und Hendon mit 4 km. Die Entfernungen der übrigen Reinigungsanlagen sind geringer. Infolge der verhältnismässig geringen Entfernung braucht das Wasser nur wenig Zeit, um in dem Zubringer zur Reinigungsanlage zu gelangen. Es kommt daher auf derselben in einem verhältnismässig frischen Zustande an, die festen Bestandteile meist in unveränderter, d. h. nicht zerriebener Form, was auf die Einrichtung der Reinigungsanlage von wesentlichem Einfluss ist. Wir glauben die Erfahrung gemacht zu haben, dass das Abwasser auf denjenigen Reinigungsanlagen, welche eine grössere Entfernung als 5 km haben, bei denen es also länger als etwa 4 Stunden in den

Digitized by Google

Kanälen verweilt, bereits stark angefault — die festen Stoffe mehr oder weniger zerrieben — ankommt, während der Faulungsprozess beim Eintritt auf Reinigungsanlagen, welche näher liegen, weniger wahrnehmbar ist. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Vermischung des Abwassers eine innigere wird, je länger der Aufenthalt in den Kanälen dauert, was die Ausgestaltung der Reinigungsanlage vereinfacht.

Einfluss der Temperatur.

Die Temperatur des Abwassers ist in England im allgemeinen die gleiche wie in Deutschland und bewegt sich je nach der Aussentemperatur etwa zwischen + 5° C. im Winter und + 20° C. im Sommer. Zur Zeit der Besichtigung zeigten die Abflüsse eine Temperatur zwischen + 6° C. und + 10° C. Es steht zweifellos fest, dass das Abwasser bei den biologischen Verfahren in warmer Jahreszeit besser gereinigt wird als in kalter. Mit Rücksicht hierauf hat man versucht, das Abwasser in der kalten Jahreszeit künstlich zu erwärmen, indem man es, wie in Accrington und beim Whittakerfilter in Leeds, unter direkter Zuleitung von Dampf mittels Pulsometer auf die biologischen Körper beförderte oder indem man den biologischen Körper, wie beim Ducatfilter in Leeds, durch Einführung von heisser Luft erwärmte. Die Kosten für die Erwärmung sind verhältnismässig hoch, und es gewinnt den Anschein, dass die durch die Erwärmung erzielte Verbesserung des Reinheitsgrades zu den erhöhten Kosten nicht im richtigen Verhältnis steht.

Einfluss des Frostes.

Mehr Aufmerksamkeit verdient der Einfluss des Frostes auf den Betrieb des biologischen Verfahrens. Obgleich die Befürchtung, die biologischen Körper könnten während einer Frostperiode entweder ganz oder nur an ihrer Oberfläche einfrieren, und es könnte so der ganze Betrieb illusorisch gemacht werden, berechtigt erscheint, hat die in England gemachte Erfahrung übereinstimmend diese Befürchtung nicht bestätigt. Das liegt zum Teil daran, dass das Abwasser selbst bei der kältesten Jahreszeit noch mehrere Wärmegrade besitzt, und dass in den biologischen Körpern nicht allein keine Abkühlung des Wassers, sondern vielmehr, wenigstens beim Füllverfahren, wie festgestellt worden ist, eine Zunahme der Wassertemperatur um 1 bis 2° stattfindet. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass, wie bereits in Kapitel II hervorgehoben wurde, der Winter in England verhältnismässig milde und Frost sehr selten und dann nur von kurzer Dauer ist. Inwieweit der Unterschied in den winterlichen klimatischen Verhältnissen der Einführung des biologischen Verfahrens namentlich im Osten und Norden

von Deutschland hinderlich ist, darüber fehlen zur Zeit zuverlässige Erfahrungen. Ausgeschlossen wäre es nicht, dass lang andauernde Perioden grosser Kälte die Einführung des biologischen Verfahrens unmöglich machen, namentlich wenn der Ort der Reinigungsanlage der Kälte und den Winden in hohem Masse ausgesetzt ist. Indessen wird es sich sehr wohl ermöglichen lassen, die Körper durch Ueberbauten oder durch Anpflanzungen oder dadurch zu schützen, dass man sie in vertieften Gruben einbaut oder mit Erdwällen umgibt.

Schutz der Anlagen gegen Versandung.

Ein gleicher Schutz wie gegen die Einwirkungen des Frostes ist für Reinigungsanlagen in sehr sandigen Gegenden notwendig, damit nicht der durch den Wind hochgeführte Sand zu einer Versandung der Anlagen, insbesondere der biologischen Körper, wodurch Missstände verschiedenster Art entstehen können, Veranlassung gibt.

Geruchsbelästigung.

Das Abwasser pflegt im frischen Zustande im allgemeinen nur wenig Geruch zu verbreiten. Erst mit dem Eintritt des Faulungsprozesses werden Schwefelwasserstoff und andere flüchtige schwefelhaltige Verbindungen erzeugt. Je länger das Wasser in den Zubringern verweilt, desto grösser ist die Produktion derartiger Gase, desto grösser auch der von dem Abwasser verbreitete Geruch. Nur sehr selten fehlt stark angefaulten Abwässern ein offensiver Geruch. Es ist dies der Fall, wenn z. B. wie in Leeds das Abwasser einen hohen Gehalt an Eisenverbindungen aufweist, die dann durch Bindung der schwefelhaltigen flüchtigen Verbindungen desodorisierend wirken. Einen besonders lästigen Geruch haben wir auf keiner der Anlagen bemerkt. Dies mag wohl darauf zurückzuführen sein, dass unsere Besuchszeit in den Winter fiel (die Lufttemperatur betrug zwischen + 6 und + 10° C.). Wo infolge der weiten Entfernung der Reinigungsanlage der Geruch besonders stark wird, muss die Ausbreitung desselben auf die Nachbarschaft durch unterirdische Führung des Abwassers verhindert werden, sofern in der Nähe Menschen wohnen, welchen er lästig werden kann. Die Reinigungsanlagen sind indessen im allgemeinen an Orten eingebaut, in deren Nähe menschliche Wohnungen nicht vorhanden sind.

Mücken- und Fliegenplage.

Aber nicht nur wegen der etwa sich bemerkbar machenden Geruchsbelästigungen, sondern auch hinsichtlich der von manchen befürchteten Mücken- und Fliegenplage ist es empfehlenswert, die Reinigungsanlage tunlichst weit von menschlichen Ansiedelungen entfernt zu legen. Bei nahe belegenen Anlagen ist durch Ueberdeckung derselben eine Verbreitung der Fliegen in die Umgebung der Anlage zu

Digitized by Google

verhindern. Wenngleich zur Zeit noch nicht erwiesen ist, ob die Insekten sich in die weitere Umgebung der Reinigungsanlage verbreiten oder ob sie nicht vielmehr in der Anlage und ihrer nächsten Umgebung verbleiben, weil ihnen hier die günstigste Nahrung zur Verfügung steht, so sollte man es unseres Erachtens so viel wie möglich doch vermeiden, Reinigungsanlagen in der Nähe bebauter Gegenden anzulegen.

Die einzelnen Teile einer Reinigungsanlage.

Im allgemeinen hat man bei jeder zur ordnungsmässigen Reinigung des Abwassers dienenden Anlage folgende Einrichtungen zu unterscheiden:

a) Einrichtungen zur mechanischen Beseitigung von groben Schwimmstoffen (Gitter);
b) Einrichtungen zum Abfangen der groben Sinkstoffe wie Sand, Steinstücke, Kohlen- und Koksstücke, Kaffeegrund (Sandfang);
c) Einrichtungen für den Zusatz von chemischen Fällungsmitteln (wo solche für erforderlich erachtet werden);
d) Einrichtungen zur sogen. Vorbehandlung des Abwassers (Abscheidung der feineren suspendierten Stoffe, Erzielung einer Vermischung der verschiedenen Abwasserarten), wie Klär-, Absitz- oder Faulbecken oder -brunnen, sowie künstliche Filter;
e) Einrichtungen zur Behandlung des bei der Vorbehandlung des Abwassers erhaltenen Schlamms;
f) die eigentliche Reinigungsanlage (biologische Körper, Filter);
g) Einrichtungen zur Nachbehandlung des Wassers (Absitzbecken, intermittierende Filtration, künstliche Filter); Einrichtungen zur Desinfektion des Wassers;
h) Einrichtungen für die Behandlung des Sturmwassers.

a) Die Beseitigung der groben Schwimmstoffe.

Die zur Beseitigung der groben Schwimmstoffe dienenden Einrichtungen bestehen in den von uns besichtigten Reinigungsanlagen ausschliesslich aus festen, in der Regel schräg gestellten Gittern[1],

[1] Bewegliche, z. B. nach Art des Schneppendahl'schen Flügelrechens konstruierte Gitter oder bandförmige Gitter, etwa wie der neue Riensch'sche Rechen, haben wir in England nicht gesehen.

Digitized by Google

welche kurz nach dem Eintritt des Zubringers auf die Reinigungsanlage und, wo Hebewerke vorhanden sind oder wo z. B. das Abwasser zum Treiben von Wasserrädern benutzt wird, vor dem Eintritt in diese angeordnet sind. Die Zwischenräume zwischen den Gitterstäben betragen selten mehr als 25 mm. Der Zubringer ist an den Gittern öfters erweitert und durch eine Längsmauer in 2 Abteilungen, von denen jede für sich abgeschlossen und trocken gelegt werden kann, geteilt. Er liegt in der Regel an den Gitterstellen so flach, dass er vom Niveau der Reinigungsanlage aus bequem bedient werden kann; zu diesem Zweck ist der Zubringer an diesen Stellen nicht abgedeckt, liegt vielmehr offen und ist jederzeit zugänglich. Die Gitter werden vielfach mit Harken, Spaten oder Forken von obenher von Hand gereinigt. In grösseren Anlagen findet man mechanisch bewegte Rechen (Harken), welche mit einem Vorgelege angetrieben werden. Die Anordnung ist in der Regel so, wie sie auf Blatt 16 bei Manchester zur Darstellung gebracht ist. Der Antrieb erfolgt vielfach, wie in Manchester, maschinell, sonst aber auch mit der Hand. Die Reinigung der Gitter wird je nach Bedarf, oft mehrmals am Tage und zwar meistens ohne Ausschaltung aus dem Betriebe vorgenommen. Entsprechend der verwandten Stabweite werden durch die Gitter nur die gröbsten Stoffe wie Lappen, Stroh, Papier, Pfropfen, Holz, Fäces und sonstige kompakte Massen abgefangen. Diese werden zum Teil verbrannt, zum Teil mit dem in der Vorreinigungsanlage erhaltenen Schlamm beseitigt, zum Teil gesondert von diesem Schlamm untergegraben. Die Masse der abgefangenen Stoffe ist nicht gering; genaue Angaben können hierüber aber nicht gemacht werden[1]. Nur selten fehlt eine solche Gitteranlage. Wo sie fehlt, pflegt man die groben Schwimmstoffe in den Klär-, Absitz- oder Faulbecken zum Niederschlag zu bringen. Wo die gröberen Stoffe in mehr oder weniger unveränderter Form auf der Reinigungsanlage ankommen, können wir die Anordnung solcher Gitteranlage im allgemeinen nur empfehlen.

b) Die Beseitigung der schweren Sinkstoffe.

Für das Abfangen der schweren Sinkstoffe wie Sand, Steinstücke, Kohlen- und Koksstücke, Kaffeegrund u. s. w. ist in England ver-

1) In Charlottenburg haben diese Stoffe im Jahre 1902, in welchem im ganzen 13250000 cbm Abwasser produziert wurden, die Masse von rd. 1000 cbm, also etwa 0,007 %, gehabt.

hältnismässig selten eine besondere Einrichtung (Sandfänge) getroffen. Meistens werden diese Stoffe in den vorhandenen Klär-, Absitz- oder Faulbecken gemeinsam mit den leichteren Sinkstoffen zur Abscheidung gebracht. Wo besondere Einrichtungen zur Abscheidung der schweren Sinkstoffe vorhanden sind, bestehen diese in der Regel aus vertieften Becken meist in Verbindung mit der Gitteranlage und liegen hinter derselben (in Manchester ist sie zwischen 2 besonderen Gittern angeordnet). Die schweren Sinkstoffe füllen die trichterförmigen Vertiefungen aus und werden aus denselben meist mit mechanisch bewegten Baggereinrichtungen herausgeholt. Wo solche Bagger fehlen, sperrt man den Wasserzufluss ab, pumpt das Wasser über den abgelagerten Sinkstoffen ab und beseitigt die Sinkstoffe aus den Trichtern mit Spaten und Forken. Die Menge der in den Sandfängen ausgeschiedenen Sinkstoffe ist oft recht bedeutend; so werden z. B. in Manchester in Verbindung mit den Gitteranlagen im Mittel 90 Tonnen wöchentlich erhalten. Ein Durchschnittswert für die in den Sandfängen der einzelnen Anlagen abgeschiedenen Sinkstoffe kann bei der grossen Verschiedenheit der Verhältnisse nicht angegeben werden. Die Beseitigung der Sinkstoffe erfolgt entweder gemeinschaftlich mit den in den Absitzbecken etc. erhaltenen Schlammmassen oder gesondert von diesen und zwar entweder durch einfaches Untergraben oder auch im Notfalle durch Aufbringen auf Land (Terrainaufhöhungen).

c) Chemikalien.

Besondere Einrichtungen für die Zubereitung der Chemikalien sind nur selten vorhanden. Meistens werden die Chemikalien in korbähnlichen Behältern in das Abwasser eingehängt oder auch ausserhalb des Abwassers in Körben, rotierenden Trommeln etc. aufgestellt und von Wasser umspült, wobei Teile der Salze in Lösung gehen. Seltener sind Mahlgänge oder ähnliche Einrichtungen, in denen das Fällungsmittel mit Abwasser angerieben wird, oder eiserne Behälter vorhanden, in denen die Chemikalien in Wasser verteilt und unter Zuhilfenahme eines Dampfstromes in Lösung gebracht werden. Als chemische Fällungsmittel dienen: Kalk, Eisenvitriol (Eisensulfat), Eisenalaun (schwefelsaure Tonerde und schwefelsaures Eisen) oder ähnliche Verbindungen, wie Ferrozone, Ferral, Aluminiumcake. Der Kalk wird in Form von Kalkmilch, Eisenvitriol in Wasser gelöst (meist in Abwasser), Eisenalaun, Ferrozone und die ähnlichen Ver-

Digitized by Google

bindungen in Kuchenform verwendet, und zwar wird im letzteren Fall der Kuchen entweder direkt in das Wasser des Zubringers hineingestellt oder ausserhalb des Zubringers durch einen besonderen Wasserstrom abgewaschen. Im allgemeinen wird die letztere Methode als die rationellere angesehen. Kalk allein wird als chemisches Fällungsmittel nur in solchen Fällen benutzt, wenn in dem Abwasser bereits eine genügende Menge von Eisensalzen enthalten ist: sonst wird Kalk nur in Gemeinschaft mit Eisenvitriol oder ausnahmsweise auch wohl mit Eisenalaun verwendet. Eisenvitriol wird nie allein, vielmehr immer in Gemeinschaft mit Kalk verwendet; dagegen findet man Eisenalaun selbständig in Verwendung. Kalk wird dem Abwasser gern eine gewisse, nicht zu gering bemessene Strecke vor dem Eintritt in die Klärbecken zugeführt, um ihm Gelegenheit zur innigen Vermischung mit dem Abwasser und zur längeren Einwirkung auf dasselbe zu geben. Vielfach führt man das mit dem Kalk versetzte Abwasser auch durch sogen. Mischgerinne. Eisenvitriol und Eisenalaun werden in der Regel unmittelbar vor dem Eintritt des Abwassers in die Klärbecken zugesetzt, da sie sich mit dem Abwasser sehr schnell vermischen. Auf gute Beschaffenheit der Fällungsmittel wird im allgemeinen ein besonderer Wert gelegt. Kalk wird nicht selten von sehr weit hergeholt, wenn der in der Umgegend gewonnene nicht rein genug ist, d. h. zu viel Calciumcarbonat ($CaCO_3$) enthält.

Der Zusatz von chemischen Fällungsmitteln kann nach unserer Auffassung im biologischen Verfahren nur in solchen Fällen erforderlich werden, in welchen das Abwasser schädliche Beimengungen aus gewerblichen Anlagen, wie Farbstoffe, Fette, Seifen, anorganische Säuren oder Textil- und Cellulosefasern erhalten hat. In solchen Fällen ist es nämlich nicht immer möglich, die Farb- und Schwebestoffe bezw. Fette oder Säuren auf rein mechanischem Wege in Absitz- oder Faulbecken auszuscheiden bezw. unschädlich zu machen. Man findet aber in England auch in anderen Fällen den Zusatz an chemischen Fällungsmitteln im Gebrauch. Das lässt sich nur aus der historischen Entwickelung oder aus der Liebe zur alten Gewohnheit erklären. Die relativ sehr häufigen Fälle, in denen vor Aufleitung des Abwassers auf die biologischen Körper eine chemische Vorbehandlung stattfindet, zeigen aber in übereinstimmender Weise, dass eine nachteilige Beeinflussung der Körper durch die geübte Vorbehandlung, wie vielfach befürchtet wird, nicht eintritt.

Der Zusatz an Chemikalien in der Gesamtheit schwankt zwischen

Digitized by

48 und 160 g auf das Kubikmeter Abwasser, von Kalk zwischen 31 und 85, von Eisenvitriol zwischen 14 und 80 und von Eisenalaun zwischen 22 und 120. Die Menge der Zusatzmittel steht natürlich im direkten Verhältnis zur Konzentration des Wassers und zur Menge an schädlichen Beimengungen aus gewerblichen Anlagen. In Anlage II des Kapitels IV sind auch einige deutsche Abwasserreinigungsanlagen aufgeführt, in denen chemische Fällungsmittel zur Anwendung kommen. Die in diesen deutschen Anlagen notwendig werdenden Zusätze stehen natürlich ebenso wie in England in direkter Beziehung zur Konzentration des zu reinigenden Abwassers. Im allgemeinen ist zu beachten, dass alle diese Zahlen nur Mittelwerte darstellen und dass die in den einzelnen Anlagen zur Verwendung kommenden Chemikalienmengen je nach der Beschaffenheit des Wassers von Stunde zu Stunde erhöht bezw. herabgesetzt werden. Durch den Zusatz von Fällungsmitteln wird die Menge des Schlammes nicht unerheblich vermehrt. Namentlich der Zusatz von Kalk gibt beträchtliche Schlammmengen, die in der Regel etwa zehnfache Mengen seines Gewichts darstellen[1].

d) Die Vorbehandlung des Abwassers in Becken oder Brunnen.

Die Erfahrung hat überall gelehrt, dass es unmöglich ist, das rohe Abwasser direkt auf den biologischen Körpern zu behandeln, weil die Körper sehr schnell verschlammen bezw., wenn gewisse schädigende Substanzen (Fabrikabwässer) auf dieselben gelangen, unwirksam werden. Es ist daher bei dem biologischen Reinigungsverfahren unumgänglich notwendig, Einrichtungen vorzuschalten, durch welche das Abwasser einerseits von den Schlammstoffen befreit wird und andererseits häusliche und gewerbliche Abwässer derartig gemischt werden, dass eine schädigende Wirkung der letzteren nicht mehr eintritt. Die hierzu verwendeten Einrichtungen werden fast überall als Becken, seltener als Brunnen konstruiert. Becken und Brunnen müssen so eingerichtet werden, dass sie möglichst viel von den Schlamm- und Schwebestoffen aus dem Abwasser entfernen; denn es hat sich gezeigt, dass die biologischen Körper umso länger betriebsfähig bleiben (d. h. nicht verschlammen) und um so mehr leisten, je mehr das Abwasser vorher von den Schlammstoffen befreit worden ist.

Ob Brunnen oder Becken vorteilhafter wirken, kann nach den bislang Brunnen oder Becken.

1) Weiteres hierüber siehe S. 79.

gemachten Erfahrungen nicht gesagt werden. In Horfield beabsichtigt man, die vorhandenen Brunnen aufzugeben und Becken anzulegen, dagegen will man in Birmingham die Anlage unter Einführung von Brunnen erweitern. Uns erscheinen aus weiter unten aufgeführten Gründen Becken als Vorreinigungsanlage für biologische Körper zweckmässiger wie Brunnen. Man ordnet die Brunnen und Becken in der Regel nebeneinander geschaltet an, weil es sich bei den hintereinander geschalteten Becken gezeigt hat, dass in der Regel nur die vordersten eine grosse Wirksamkeit ausüben und in den hinteren Becken sich nur verhältnismässig wenig Schlamm abzusetzen vermag. Bei Faulbecken erscheint es jedoch zweckmässig, gelegentlich 2 Becken hintereinander geschaltet anzuwenden, da bei der Behandlung frischer, d. h. nicht oder nur wenig angefaulter Wässer im ersten Becken infolge der daselbst sich abspielenden Fäulnisvorgänge oft nur ein bescheidener Sedimentierprozess zu beobachten ist und deshalb, sofern eine tunlichst weitgehende Entfernung der suspendierten Stoffe erstrebt wird, ein angeschaltetes zweites Becken zur Abscheidung der in den Abflüssen aus dem ersten Becken enthaltenen ungelösten Stoffe notwendig wird. Die Brunnen und Becken sind ausschliesslich mit fester Sohle und Seitenwandungen aus Mauerwerk oder Beton hergestellt.

Fassungsraum.

Nach den Vorschriften des Local Government Board (vergl. S. 21) soll der Gesamtfassungsraum aller Becken oder Brunnen so gross gewählt werden, dass sie beim doppelten Füllverfahren den Trockenwetterabfluss eines Tages und beim einfachen Füllverfahren, sowie beim Tropfverfahren die $1\frac{1}{2}$ fache Menge des Trockenwetterabflusses eines Tages aufzunehmen vermögen. Tatsächlich entsprechen die vorhandenen Einrichtungen in den besichtigten Städten nur sehr selten dieser Forderung. Man macht vielmehr den gesamten Fassungsraum der Absitz- und Faulbecken entweder so gross, dass er den Trockenwetterabfluss eines Tages oder den vierten Teil des Trockenwetterabflusses aufzunehmen vermag. Klärbecken wählt man im allgemeinen grösser. Sie fassen in der Regel die Hälfte, zuweilen aber auch den ganzen Trockenwetterabfluss. Nach unserer Auffassung empfiehlt es sich, den Fassungsraum der Becken so gross wie möglich anzuordnen, weil die Ausbeute an Schlamm im allgemeinen mit der Grösse des Fassungsraums im direkten Verhältnis steht. Je grösser der Fassungsraum der Becken ist, je mehr Schlamm in ihnen ausgesondert wird, desto kleiner können die biologischen Körper werden. In jedem Fall muss das Wasser in den Becken solange verweilen, dass den Sink-, Schwimm- und Schwebestoffen Zeit

gewährt wird, dass sie auf den Boden niederzusinken vermögen. Hierbei ist natürlich von weittragender Wichtigkeit, dass der in der Vorreinigungsanlage erhaltene Schlamm in bequemer und hygienisch einwandsfreier Weise auch beseitigt werden kann. Wo die Schlammbeseitigung auf Schwierigkeiten stösst, bleibt unter Umständen im Einzelfalle der Weg gangbar, die Abwässer oberflächlicher von den suspendierten Stoffen zu befreien und den einen, grösseren Teil der mitgeführten ungelösten Bestandteile zugleich mit den gelösten Stoffen in den biologischen Körpern unschädlich zu machen, die Schlammfrage, wie es z. B. von Dibdin geübt wurde, gewissermassen teilweise in den Körpern selbst zu lösen. Aber auch in diesem Falle ist es unerlässlich, die Abwässer derartig vorzubehandeln, dass sie

1. von den ungelösten Stoffen, welche sich in den biologischen Körpern entweder garnicht (wie z. B. Sand) oder nur langsam (wie z. B. Kaffeegrund, Cellulosefasern, Stroh) zersetzen, und

2. von Stoffen, welche direkt schädigend auf die biologischen Körper wirken (wie z. B. Gifte), frei sind und dass

3. die Abflüsse aus der Vorreinigungsanlage eine möglichst gleichmässige Beschaffenheit in ihrer Zusammensetzung aufweisen.

Schliesslich bleibt bei der Erwägung solcher Einrichtungen ausschlaggebend, ob sich die ordnungsmässige Beseitigung des Becken- etc. schlammes oder die öftere Regenerierung der biologischen Körper teurer stellt.

Abmessungen.

Die Abmessungen der einzelnen Becken sind ganz verschieden: eine Regelmässigkeit ist nicht festzustellen. Die Grundrissgestaltung der Becken ist ausschliesslich viereckig, meist rechteckig, die der Brunnen rund. Die Breite der einzelnen Becken schwankt zwischen 8 und 30 m und die Länge zwischen 15 und 80 m. Im allgemeinen pflegt die Länge der Becken etwa das Doppelte bis Dreifache ihrer Breite zu betragen. Die Becken macht man selten flacher als 1 m und nicht tiefer als etwa 2,5 m; Brunnen macht man dagegen meistens tiefer. Es empfiehlt sich, den Becken an dem vorderen Ende eine grössere Tiefe zu geben als an dem hinteren Ende, weil erfahrungsgemäss der grössere Teil der Schwebestoffe, namentlich der schwerere, mineralische Teil, sich an dem vorderen Ende der Becken niederschlägt.

Betrieb.

Der Betrieb der Becken ist gewöhnlich der ununterbrochene, indem das Abwasser im ununterbrochenen Strom das Becken durchfliesst. In den Reinigungsanlagen von Chorley, Swinton und Tipton, in welchen das Abwasser mit Chemikalien behandelt wird, ist der

Betrieb ein unterbrochener; hier bleibt das in die Becken eingelassene Wasser einige Stunden stehen und wird danach mit Schwimmerarmen abgelassen. Nach unserem Dafürhalten ist ein solcher Betrieb für Absitz- und Faulbecken nicht zu empfehlen.

Die Ein- und Ableitung des Wassers in und aus den Becken geschieht nur in seltenen Fällen vermittels einzelner Röhren; meist werden Ueberfälle angeordnet, über welche das Wasser in ununterbrochenem Strom hinwegfliesst. Da bei der letzteren Anordnung eine gleichmässigere Verteilung des Wassers über den gesamten Querschnitt und auf die ganze Länge der Becken erfolgt, erscheint dieselbe wenigstens bei dem ununterbrochenen Beckenbetrieb als die einzig praktische; denn bei dem Zu- und Ableiten des Wassers durch einzelne Röhren bilden sich in der Längsrichtung der Becken einzelne Ströme, zwischen welchen staues Wasser verbleibt, wodurch das Ausscheiden der suspendierten Stoffe erschwert wird. Das Gleiche tritt ein, wenn auf dem Boden der Becken Längsrinnen angeordnet sind; denn dort, wo sich die Längsrinnen befinden, bildet sich ein stärkerer Strom als an den übrigen Stellen. Ist es zur Ableitung des Schlammes erforderlich, auf dem Boden vertiefte Stellen anzulegen, so muss die Neigung der Sohle von einem Beckenende zum anderen oder von der Mitte nach den beiden Beckenenden hergestellt werden. Nur solche Becken ermöglichen einen ziemlich gleichmässigen Strom in dem ganzen Querschnitt des Beckens.

Schaum. Es ist nicht möglich, bei den Becken, sofern der Schlamm in wenigtägigen Perioden nicht entfernt wird, die Schaumbildung, Schwimmdeckenbildung, zu vermeiden. Die Ursachen, welche auf die Schaumbildung und auf das zeitweise Verschwinden des Schaumes hinwirken, scheinen noch nicht mit Sicherheit festgestellt zu sein. Bis zu gewissem Grade soll hierbei die Jahreszeit eine Rolle spielen; auch soll ein Unterschied bestehen, sofern es sich um offene, der Luft zugängliche, oder geschlossene, von der Luft mehr oder weniger abgeschlossene Becken handelt. Man ist sich bei diesen Vorgängen nicht im Klaren, ob die Schaumbildung für den Reinigungsbetrieb vorteilhaft oder nachteilig ist. Man scheint die Schaumbildung vielfach als nachteilig zu betrachten. Tatsache ist, dass bei offenen Becken der auf der Wasseroberfläche sich ansammelnde Schaum durch Regen und durch Kälte zum Versinken gebracht wird; auch wird er, wenn er nicht zähe genug geworden ist, auf der Oberfläche der Becken vom Winde bewegt und an einer Beckenseite angehäuft. Es ist durchaus notwendig, den Schaum von den biologischen Körpern

Digitized by Google

fernzuhalten. Zu diesem Zweck bringt man, wenn Ueberfallschwellen angeordnet sind, in der Regel vor der unteren Ueberfallschwelle Tauchplatten an, welche etwa 20 cm und mehr in das Wasser eintauchen. Röhren führt man etwa 0,5 m unter die Wasseroberfläche hinab.

Ob die Behandlung des Abwassers in Faulbecken zweckmässiger ist als in Absitzbecken, darüber sind die Ansichten in England noch geteilt. Es gibt ebensoviel Anhänger für die eine wie für die andere Art der Vorbehandlung. Nach sorgfältiger Prüfung aller über diese Frage vorliegenden Mitteilungen kommen wir zu dem Ergebnis, dass zur Erzielung eines nicht mehr fäulnisfähigen Abflusses von den biologischen Körpern eine Vorfaulung des Abwassers im allgemeinen nicht erforderlich ist. Trotzdem halten wir, schon aus den weiter unten aufgeführten Gründen, bei Errichtung einer Vorreinigungsanlage mit der Notwendigkeit einer Vorfaulung des Abwassers zu rechnen, für zweckmässig. Die Einrichtung von Beckenanlagen, welche ohne Benachteiligung des mechanischen Effektes unschwer sowohl als Faulbecken wie Absitzbecken betrieben werden können, scheint uns als Vorreinigungsanlage für biologische Körper deshalb richtiger als die von Brunnenanlagen. Notwendig erscheint eine Vorfaulung bei manchen konzentrierten, viel schleimige Substanzen enthaltenden städtischen Abwässern, ferner bei städtischen Abwässern, welche gewisse Beimengungen aus industriellen Anlagen, wie Farbstoffe, Fette, Seifen, Gerbstoffe, giftige Metallsalze, z. B. Chromverbindungen, Kupfersalze u. dgl. enthalten. Auch zur möglichst weitgehenden Entfernung der organischen Stickstoffverbindungen aus einem Wasser scheint eine Behandlung in Faulbecken manchmal gleichfalls erforderlich. Die Errichtung von Faulbecken empfiehlt sich auch in Fällen, wo das zu behandelnde Abwasser pathogene Keime enthält. Zwar werden diese durch einen Faulraum mit Sicherheit nicht unschädlich gemacht, doch erfahren die Keime bei dieser Art der Vorbehandlung des Abwassers eine nicht unwesentliche Abnahme bezw. Abschwächung ihrer Lebensfähigkeit. Nicht notwendig, aber zweckmässig ist die Einrichtung eines Faulbeckens bei kleinen Anlagen[1]), da hier Arbeitskräfte zum regelmässigen Ablassen der in der Vorreinigungsanlage angesammelten Schlammmassen nur selten zur Verfügung stehen. Auch bei manchen grösseren Anlagen empfiehlt sich das Belassen des Schlammes in den Becken, wenn es zu gewissen Zeiten (z. B. im Sommer)

Faulbecken.

1) Für Dörfer, Weiler, getrennt liegende Gehöfte und Wohnungen, Krankenhäuser, Kasernen, Barackenlager etc.

schwer hält, den Schlamm los zu werden. Die Absitzbecken werden in solchen Zeiten vorteilhaft als Faulbecken betrieben und so gross angelegt, dass der Schlamm bis zu der Jahreszeit (z. B. bis zum Herbst), wo er wieder in landwirtschaftlichen Betrieben Verwendung findet, in der Vorreinigungsanlage angesammelt werden kann. In den beiden zuletzt erwähnten Fällen empfiehlt sich also die Einrichtung von Faulbecken weniger wegen Erzielung eines besseren Reinigungseffektes als vielmehr wegen eines vereinfachten Betriebes oder einer bequemen Beseitigung des in der Vorreinigungsanlage erhaltenen Schlammes.

Da nach der allgemeinen Annahme der erzeugte Schlamm in den Faulbecken zum Teil verzehrt wird, so wird es nicht als vorteilhaft erachtet, die Becken zu Zwecken der Schlammbeseitigung in kurzen Zwischenräumen zu entleeren. Man tut dies in der Regel nur alle 6 bis 12 Monate; Absitz- und Klärbecken pflegt man dagegen alle Woche etwa einmal zu entleeren. Die Schlammverzehrung soll nach den Versuchen bezw. Erfahrungen festgestellt sein in Barking zu 40 %, in Manchester zu 25 %, in Accrington zu 35 %, in Leeds zu 30 % und in Birmingham zu 25 %, berechnet auf die Gesamtmenge der im Abwasser enthaltenen suspendierten Stoffe oder etwa doppelt so hoch, wenn man die Abnahme nur nach der Verminderung der organischen ungelösten Stoffe berechnet. Diese Angaben müssen mit Vorsicht aufgenommen werden, weil man bei der Berechnung meistens nur die in den Faulbecken erhaltenen Schlammmassen berücksichtigte und die Mengen der suspendierten Stoffe, welche mit den Abflüssen aus den Becken abgeführt worden sind, nirgends genau genug gemessen hat mit Ausnahme vielleicht von Barking, und in Barking wieder sind die Versuche in so bescheidenem Umfange angestellt worden, dass sie eine abschliessende Beurteilung nicht gut zulassen. Auch geht bei der Berechnung der Schlammverzehrung nicht immer mit Sicherheit hervor, ob der Umstand, dass der gefaulte Schlamm weniger Wasser enthält wie der frische Schlamm, genügende Beachtung gefunden hat.

Schlammverzehrung.

Soviel steht fest, dass die Grösse der Schlammverzehrung eine verschiedene ist bei rein häuslichen Abwässern und bei städtischen Abwässern, welche grössere Mengen industrieller Abwässer enthalten, dass sie davon abhängig ist, ob die suspendierten Stoffe organischer oder anorganischer Natur, leicht oder schwer zersetzbar sind. Ferner ist von Wichtigkeit, ob die suspendierten Stoffe in unzersetztem Zustande auf der Reinigungsanlage ankommen oder ob sie schon in den Kanal-

Digitized by Google

leitungen eine Veränderung erfahren haben. Endlich ist die Dauer des Aufenthaltes der suspendierten Stoffe in den Faulbecken von Belang; ob sich dieselben nur wenige Wochen oder mehrere Monate in der Vorreinigungsanlage aufhalten und ob die Faulbecken offen oder überdeckt hergestellt sind.

Nach unserem Urteil kann es keinem Zweifel unterliegen, dass gewisse organische, im Schlamm enthaltene Bestandteile sich im Laufe der Zeit umsetzen und hierbei in Gasform übergehen oder verflüssigt werden. Indessen kann die hierdurch bewirkte Schlammverzehrung nach unserer, durch wiederholte Versuche gewonnenen Erfahrung keineswegs so hoch sein, wie vielfach angenommen wird, und eine einigermassen beachtenswerte Grösse nur selten annehmen. Dass der in den Faulbecken enthaltene Schlamm im Laufe der Zeit in qualitativer Beziehung eine durchgreifende Veränderung erleidet, scheint aber zweifellos: er wird drainirbar, leichter pressfähig, verliert mehr und mehr seinen offensiven Charakter und zeigt eine mehr körnige[1] bis faserige Struktur, Veränderungen, die bei Bewertung einer Vorfaulung unbedingt Beachtung verdienen.

Bedeckte Faulbecken.

In der Wirkung hinsichtlich der Reinigung des Wassers in Faulbecken macht es keinen Unterschied, ob die Becken offen oder bedeckt sind. Bedeckte Faulbecken unterscheiden sich aber insofern vorteilhaft von offenen, als durch sie Geruchsbelästigungen mit Sicherheit sich ausschliessen lassen, was bei den offenen Faulbecken, auch wenn sich eine gleichmässige Schwimmdecke auf der Wasseroberfläche gebildet hat, nicht immer der Fall zu sein scheint. Auch kühlt sich das Wasser in offenen Faulbecken naturgemäss mehr ab als in überdeckten Becken und der Sedimentierungsvorgang kann in den bedeckten Becken weder durch Regen noch durch Winde nachteilig beeinflusst werden. Die Hoffnungen, welche man an die bedeckten Becken knüpfte, nämlich die unter der Decke sich ansammelnden Gase zu verwerten, haben sich bis jetzt an keiner Stelle erfüllt. Dagegen haben, wie wir aus der Literatur entnehmen, bei bedeckten Faulräumen hier und da Explosionen der Gase stattgefunden, was jedenfalls zur Vorsicht mahnt. Die Dächer, welche auf den überdeckten Faulbecken anzuordnen sind, verursachen einen verhältnismässig grossen Kostenaufwand sowohl in der Anlage wie in der Unterhaltung, und es gewinnt den Anschein, als wenn dieser Kostenaufwand durch die Vorteile der Ueberdeckung nicht aufgewogen wird.

---

1) Vergl. hierzu auch S. 85.

Betrieb der Becken.

Im allgemeinen gelingt es, in den Becken und Brunnen etwa 80% aller suspendierten Stoffe als Schlamm auszuscheiden. Die gelösten Stoffe werden bei der Behandlung in Absitzbecken nur wenig beeinflusst. In den Klär- und Faulbecken ist eine bescheidene Abnahme der gelösten organischen Stoffe und in den letzteren eine gewisse Zunahme des Ammoniaks zu beobachten. Bei einer Behandlung des Abwassers in Faulbecken besitzt dasselbe infolge des Faulprozesses, namentlich beim Vorhandensein einer zusammenhängenden Schwimmdecke, ausserdem sehr reichliche Mengen an flüchtigen Verbindungen und hierdurch einen offensiveren Charakter wie das frische Abwasser. Eine durchgreifende, analytisch wenig bemerkbare Veränderung scheint das Abwasser in Faulbecken noch insofern zu erleiden, als die vorhandenen kolloidalen Substanzen, welche das Rohwasser durch Filtrierpapier schwer hindurchgehen lassen, anscheinend in Lösung übergehen, „verflüssigt“ werden. Aus Faulbecken stammendes Abwasser ist meistens leicht durch Filtrierpapier filtrierbar.

Zur vollen Entfaltung seiner Wirksamkeit muss sich der Faulraum ebenso wie die biologischen Körper „einarbeiten“. Die Dauer der Einarbeitung beläuft sich meist auf einige Wochen; sie ist in der wärmeren Jahreszeit kürzer als in der kälteren Jahreszeit. Durch Zusatz von faulendem Schlamm bezw. durch Belassen eines Teiles des Schlammes beim Räumen eines Faulbeckens wird die Zeit der Einarbeitung abgekürzt. Faulräume sind eingearbeitet, wenn ihre Abflüsse eine deutlich schwärzlichgraue, durch Schwefeleisen bedingte Farbe aufweisen, die schleimigen Substanzen des Abwassers „verflüssigt“ sind und der in den Becken abgelagerte Schlamm die weiter oben beschriebene, weniger offensive Form anzunehmen beginnt. Zur Erzielung eines intensiveren Faulvorganges wird gelegentlich der Faulraum auch mit Steinen und ähnlichen Materialien (vergl. Caterham) angefüllt. Nach unserer Ansicht bietet eine derartige Einrichtung im allgemeinen keinerlei Vorteile vor einem Faulraume ohne Steine.

e) Schlamm.

Wo die Vorreinigungsanlagen als Brunnen ausgebildet sind (Wealdstone und Horfield), geschieht die Entfernung des Schlammes ohne Unterbrechung des Betriebes, d. h. ohne vorherige Entleerung, indem man von dem Boden des Brunnens her eine Schlammröhre nach aussen führt, deren Schieber für den Zweck der Schlammentleerung geöffnet wird. In Heywood benutzt man zur Entfernung des Schlammes ein durchlochtes,

Digitized by Google

horizontal angeordnetes Rohr, welches über der Sohle der Becken in der Längsrichtung derselben hin und her bewegt wird. Auch hierbei findet eine Unterbrechung des Beckenbetriebes nicht statt. Eine ähnliche Einrichtung beabsichtigt man bei den Becken von Salford und Manchester einzuführen. In allen anderen Fällen wird der Schlamm aus den Becken periodisch entfernt, nachdem das über dem Schlamm stehende Wasser aus den Becken abgelassen worden ist. Die Entfernung des Wassers geschieht in der Regel mit Schwimmerarmen, welche nach unserer Auffassung sehr zweckmässig sind, selten durch Abpumpen. Die Entleerung wird fast allgemein den Zubringern wieder zugeführt und gelangt auf diese Weise nochmals in die Becken. Zur Beseitigung des Schlammes erhält die Beckensohle eine Neigung nach dem Schlammabflussrohr. Es ist bei dem Beckenbetrieb kaum möglich, die Neigung der Sohle so stark zu machen, dass der Schlamm mit eigenem Gefälle und ohne Nachhülfe zum Abfluss gelangt. Man schiebt ihn daher ausnahmslos mit Krücken und Schrubbern dem Abflussrohr zu. Die Menge des Schlammes, welche in den Becken erzeugt wird, ist sehr verschieden; sie ist natürlich bei chemischer Vorklärung am grössten und soll bei Faulbecken naturgemäss am kleinsten sein. Die Menge des flüssigen, im allgemeinen etwa 90% Wasser enthaltenden Schlammes — der aus Faulbecken stammende Schlamm enthält nur etwa 80% Wasser — schwankt bei den Absitzbecken zwischen 2,0 und 7,0, bei den Faulbecken zwischen 1,0 und 2,5 und bei den Klärbecken zwischen 3,5 und 16,0 Liter pro 1 cbm Abwasser (vergl. Anlage II des Kapitels IV).

Der Schlamm wird in London, Manchester und Salford in flüssigem Zustande mit Schiffen auf die hohe See gefahren und dort entleert. Diese Art der Schlammbeseitigung ist sehr teuer. In Accrington, Tipton und Leeds wird der flüssige Schlamm auf Trockenplätzen, welche auf der Reinigungsanlage selbst vorgehalten werden und welche aus sandigem Boden bestehen, entwässert. Er wird an diesen Orten in trockenem Zustande unentgeltlich an die umwohnenden Landwirte abgegeben; es macht aber Mühe, ihn rechtzeitig loszuwerden. In Oldham, Heywood, Chorley und York wird der flüssige Schlamm in Filterpressen behandelt. Der Schlamm ist jedoch ohne weiteres nicht pressfähig; er bedarf vielmehr einer entsprechenden Vorbehandlung, welche in einem Zusatz von Kalkmilch (4 bis 5 kg pro 1 cbm flüssigen Schlamm) besteht. Meist wird der Schlamm durch den Zusatz von Kalk sofort pressfähig. Nur in Oldham (hier Reinigung Schlammbeseitigung.

Digitized by Google

des Abwassers in Absitzbecken, an den übrigen Orten in Klärbecken) hat es sich als notwendig erwiesen, den Schlamm mit dem Kalkzusatz zusammen 20 bis 40 Stunden lang stehen zu lassen, weil er anders nicht pressfähig wird. Auch in gepresstem Zustande — hier enthält er noch etwa 50 bis 60% Wasser — bildet der Schlamm kein Handelsobjekt und ist meistens nur schwer abzusetzen. Auf den übrigen von uns besichtigten Reinigungsanlagen findet der flüssige Schlamm in der eigenen Landwirtschaft Verwertung. Man leitet den flüssigen Schlamm entweder mit eigenem Gefälle oder in einer Druckrohrleitung auf den Acker und gräbt ihn hier als Düngemittel unter. In der Regel wird der Acker während eines Jahres mit dem Schlamm befruchtet und während des folgenden Jahres mit Ackerfrüchten bestellt. Die grösste derartige Anlage befindet sich auf den Rieselfeldern von Birmingham. Anlagen, in denen der Schlamm gemeinsam mit dem Müll in Müllverbrennungsanlagen durch Feuer zerstört wird, sind in den von uns besichtigten Städten nicht vorhanden. In England finden sich mehrere derartige Anlagen, so z. B. in Leyton, die auf diese Weise ihren Schlamm recht bequem beseitigen sollen. In Dewsbury, Bradford, Oldham und Manchester beabsichtigt man, der Frage, aus dem Schlamm Fett zu gewinnen, näherzutreten; bestimmte Vorschläge liegen noch nicht vor. In Chorley hat man Versuche gemacht, den gepressten Schlamm zu vergasen. Definitiv errichtete Anlagen, in denen man versucht, die Schlammfrage gewissermassen in den biologischen Körpern selbst zu lösen, haben wir in England nicht gesehen. Wir verweisen hierüber, sowie über die Bedeutung der Faulbecken für die Lösung der Schlammfrage auf das auf S. 209 und 213 Gesagte. Im allgemeinen muss man sagen, dass die meisten Reinigungsanlagen in England wie auch in anderen Ländern unter der Schlammplage mehr oder weniger leiden und dass eine rationelle Art der Schlammverwertung eigentlich noch nicht gefunden ist.

Filter statt Becken.

In Salford und Hendon sind in Ergänzung der Klärbecken besondere Filteranlagen zur tunlichst weitgehenden Entlastung der nachgeschalteten biologischen Körper in Anwendung. Der Wert dieser Filter scheint uns in beiden Fällen zweifelhaft. In Hendon wird durch die Filter infolge ungenügender Verteilung des Wassers über die Filteroberfläche überhaupt sehr wenig erreicht. In Salford wird zwar durch das Kiesfilter eine Herabsetzung der suspendierten Stoffe bewirkt und dadurch die nachgeschaltete Tropfkörperanlage entlastet, doch frägt es sich, ob durch den erreichten Vorteil der

Digitized by Google

dauernde, nicht unerhebliche, für das Auswaschen der Grobfilter erforderliche Kostenaufwand aufgewogen wird.

f) Die biologische Reinigungsanlage.

Die eigentliche Reinigungsanlage, in welcher aus dem Abwasser nicht nur der Rest an Schwebestoffen, sondern vor allem auch die gelösten fäulnisfähigen Stoffe entfernt bezw. unschädlich gemacht werden, kann entweder eine sogenannte biologische oder eine Rieselfeldanlage sein. Bei beiden Verfahren kommt es, worauf von vornherein hingewiesen werden muss, darauf an, dass dem Reinigungsmaterial, also dem Körpermaterial im biologischen Verfahren, dem Rieselboden im Rieselverfahren, die Luft in reichlichem Masse zugeführt wird. Hierauf ist sowohl bei der Herstellung als auch beim Betrieb derartiger Reinigungsanlagen ganz besonders zu achten.

Bei dem biologischen Verfahren hat man zwischen dem Füllverfahren und dem Tropfverfahren zu unterscheiden.

1. Das Füllverfahren.

Ob bei dem Füllverfahren die Anordnung der Füllbecken in einfacher oder in zweifacher Stufe den Vorzug verdient, kann nicht zweifelhaft sein, da das Abwasser in 2 Füllbecken offenbar besser gereinigt werden muss als in einem. Oft gelingt es nur durch das doppelte Füllverfahren, dem Wasser seine Fäulnisfähigkeit zu nehmen und den Sauerstoffverbrauch, sowie den Gehalt an Albuminoidammoniak soweit herabzudrücken (vergl. Anlage III und V), als seitens der Rivers Boards gefordert wird[1]. Indessen ist die Verbesserung des Abwassers in der unteren Stufe der Füllbecken, nach den Analysenwerten beurteilt, erfahrungsmässig eine verhältnismässig geringe und der Reinigungserfolg bei zweistufigen Becken im allgemeinen nicht viel höher als bei einstufigen (vergl. Anlage IV). Die Art der Vorreinigung (Rechen, Absitz-, Klär- oder Faulbecken) oder das Fehlen jeder Art von Vorreinigung ist in bezug auf den erreichten Reinheits-

Ein- und zweistufige Füllbecken.

[1] Wir haben hier ebenso wie auch früher die in den Abflüssen biologischer Körper ermittelten **absoluten** Werte besprochen, obgleich aus diesen ein Schluss auf die Fäulnisfähigkeit eines Wassers, wie bekannt, nicht gezogen werden kann. Bei dem hohen Interesse, welches von englischer Seite den absoluten Werten geschenkt wird, glaubten wir aber, von einer Wiedergabe derselben nicht Abstand nehmen zu dürfen.

grad im grossen und ganzen ohne nennenswerten Einfluss[1]). Das doppelte Füllverfahren bietet jedoch den Vorteil, dass man die Becken im Verlaufe eines Tages meistens öfter mit Wasser beschicken kann als beim einfachen Füllverfahren, ohne den Reinigungserfolg zu beeinträchtigen. Wenn das Abwasser einigermassen konzentriert ist, ist es nämlich beim einfachen Füllverfahren nicht möglich, die Füllkörper dauernd öfter als zweimal täglich[2]) zu beschicken. Beim doppelten Füllverfahren dagegen gelingt es, gleichen Reinigungseffekt vorausgesetzt, die Körper dreimal täglich zu beschicken. Durch diesen günstigen Umstand werden die Nachteile der höheren Herstellungskosten wenigstens bis zu einem gewissen Grad aufgehoben. Allerdings erfordert das zweistufige Füllverfahren gegenüber dem einstufigen das doppelte Gefälle, welches nicht überall zur Verfügung zu stehen pflegt.

Es ist in Vorschlag gebracht worden, die oberen, mit grobem Material gefüllten Becken gleichsam zur Vorreinigung des Abwassers an Stelle von Absitz- oder Faulbecken zu benutzen, indem man die Zeitdauer des Vollstehens und des Leerstehens erheblich einschränkt, die Körper sonst aber als Füllbecken betreibt und direkt mit unvorbehandeltem Rohwasser beschickt. In Hampton bei London soll sich diese Betriebseinrichtung recht gut bewährt haben. In den von uns besichtigten Anlagen haben wir keinen derartigen Fall beobachtet. Uns selbst will diese Art des Betriebes als wenig zweckmässig erscheinen.

Körpermaterial.

Das Körpermaterial für das Füllverfahren muss nach den gemachten Erfahrungen das denkbar härteste sein. Weiches Material wird durch den Druck der darüber gelagerten Massen, durch die Einwirkung des Abwassers, sowie auch durch atmosphärische Einflüsse, wie z. B. durch den Frost, zerstört; die abgebröckelten feinen Materialteile werden in die Hohlräume zwischen dem grobkörnigen Material eingeschwemmt und hier durch den Einfluss der sie umhüllenden Schlammmassen festgekittet. Mit dem Fortschreiten dieses Prozesses wird der gesamte Füllkörper undurchlässig, wie sich dies bei dem sogen. burnt ballast u. a. in Sutton und Hendon deutlich gezeigt hat[3]). Auch Gaskoks hat

1) Bezüglich der Bedeutung der Faulbecken in Bezug auf die Verminderung der organischen Stickstoffverbindungen vergl. das auf S. 211 Gesagte.

2) Nach den Anforderungen des Local Government Board ist bei Verwendung automatischer Apparate bei dem meist dünneren, englischen Abwasser auch eine dreimal tägliche, über die 24 Tagesstunden gleichmässig verteilte Beschickung zulässig.

3) Hartgebrannter Ton soll sich bewährt haben.

Digitized by Google

bei den Versuchen in Barking die gleichen Missstände gezeigt („Dibdin's one acre bacteria bed"). Sogar Schlacke von Müllverbrennungsöfen hat sich bei den Versuchen in Leeds, da das Material anscheinend nicht hart genug war, nicht bewährt. Dagegen scheint sich harter Koks (sogen. Schmelz- oder Hochofenkoks) gut zu eignen. Allerdings dürfen die in dem Koks enthaltenen Poren nicht zu fein sein, weil sie sich in diesem Fall sehr bald verstopfen. Dem mehr blasigen Koks wird deshalb der Vorzug gegeben. Steinkohle hat nur selten Verwendung gefunden, scheint sich aber als geeignet erwiesen zu haben. Auch Kleinschlag aus Granit, Basalt, Schiefer und aus anderen festen Felsarten hat in England aushilfsweise Verwendung gefunden; er soll sich in bezug auf Haltbarkeit ganz gut bewährt haben, doch steht der durch derartige Körper erzielte Reinheitsgrad, wie z. B. der Versuchskörper in Birmingham gezeigt hat, dem durch Schlacke oder ähnliche Materialien bewirkten Effekte nicht unbedeutend nach. Am besten hat sich nach den bisher gemachten Erfahrungen Schlacke und zwar die von Kesselrosten bewährt; dieselbe ist hart und zäh und besitzt grosse Poren. Zu beachten ist bei Schlacke, dass sie keinen allzu hohen Eisengehalt aufweisen darf; sie rostet sonst sehr leicht, die einzelnen Schlacketeilchen backen zusammen und werden für Wasser oder Luft undurchlässig. Bleihaltige Schlacke ist wegen der giftigen Eigenschaften des Bleies für biologische Körper gleichfalls ungeeignet. Ein Zusatz von Marmorstücken oder von anderen kohlensauren Kalken wurde an den besichtigten Orten nirgends zu dem Füllmaterial gegeben: saure Wässer macht man besser durch eine zweckmässige Vorbehandlung unschädlich.

Am praktischsten würde es sein, das Füllmaterial aus einer einzigen Korngrösse herzustellen, weil man nur hierbei die Gewähr hat, dass, abgesehen von einer erstmaligen, zu Anfang des Betriebes eintretenden Sackung, ein nachträgliches Versacken und ein dadurch herbeigeführtes Verstopfen des Füllkörpers ausgeschlossen ist. Da dies aber in der Praxis mit Rücksicht auf die Kosten nicht möglich ist, hat man darauf zu sehen, dass die zu wählenden Korngrössen sich nicht innerhalb allzu weiter Grenzen bewegen, sonst kann es vorkommen, dass die kleinen Materialteile durch das Schwergewicht und den Wasserstrom in die Zwischenräume der groben hineingewaschen werden, wodurch Versackungen und Verstopfungen herbeigeführt werden. Material von kleiner Korngrösse wird bevorzugt, weil die Oberfläche, welche die Gesamtmasse der in den Becken vorhandenen Körner be-

Digitized by Google

sitzt, mit der Feinheit der Korngrösse wächst, der Reinigungserfolg aber von der Grösse der Oberfläche abhängt. Da aber mit der Feinheit der Korngrösse die Zuführung der Luft erschwert wird, weil enge Zwischenräume dem Einströmen derselben mehr Widerstand bieten als weite, so pflegt man das Korn nicht unter 3 mm zu wählen. In der Regel bevorzugt man eine Korngrösse, welche zwischen 3 und 20 mm liegt. In den Füllbecken der oberen Stufen erhöht man die Korngrösse gelegentlich auf 12 bis 70 mm.

In jedem Fall muss das Füllmaterial vor dem Einbau in die Füllbecken von dem anhaftenden Staub befreit werden, was durch Auswaschen zu geschehen pflegt. Korngrössen, welche, weil zu fein oder zu grob, nicht in die Füllkörper eingebaut werden sollen, werden durch Aussieben entfernt. Mit Rücksicht auf die Kosten wird im allgemeinen in England auf die Herstellung eines Materials von gleichmässiger und geringer Korngrösse keine so grosse Sorgfalt verwendet, wenn man auch den Vorteil eines feineren Korns anerkennt. Roscoe baut seine Füllkörper in mehreren verschiedenen Schichten auf, indem er unten gröberes und oben feineres Material verwendet. Sonst aber pflegt man die Füllkörper in der ganzen Höhe mit dem gleichen Material auszufüllen, nur um die Drainage legt man meistens grobkörnigeres Material.

In Manchester hat man die Oberfläche der Füllkörper mit ganz feinem Material ausgefüttert, allerdings nur innerhalb der Zuleitungsrinnen, und zwar zu dem Zweck, um in diesem feinen Material möglichst viel Schlamm aus dem Abwasser auszusondern und dadurch den eigentlichen Füllkörper vor Verschlammung zu schützen. Denselben Zweck verfolgen die nach Art des Roscoefilters aufgebauten Füllkörper (z. B. in Heywood), bei denen die Gesamtoberfläche aus feinkörnigem Material gebildet wird. Beide Anordnungen scheinen sich bewährt zu haben, aber nur deshalb, weil in jedem Falle die Abwässer eine sehr durchgreifende Vorbehandlung, teils chemisch (Heywood), teils in Faulbecken (Manchester) erfahren haben.

Porenvolumen.

Die Zwischenräume zwischen dem Füllmaterial (Porenvolumen) berechnen sich unter der Annahme, dass das Material aus gleich grossen Kugeln besteht, theoretisch auf 27 % des Gesamtvolumens[1]. Werden in einen Füllkörper Kugeln von verschiedener Grösse eingebaut, so wird dieses Porenvolumen unter der Voraussetzung, dass kleinere Kugeln in die Zwischenräume der grossen Kugeln ein-

1) Vergl. Lueger, O., Die Wasserversorgung der Städte S. 123. Stuttgart.

treten können, verringert. Da das Füllmaterial niemals aus Kugeln besteht, sondern aus eckigen, zackigen Stücken, so wird das Porenvolumen bei gleichmässigem Korn im allgemeinen mehr als 27 % betragen. Frisch aufgefüllte und im Betrieb genügend festgelagerte Füllkörper pflegen ein Porenvolumen von etwa 30 % aufzuweisen. Man kann also in 1 cbm Füllmaterial bei jedesmaliger Füllung 0,3 cbm Abwasser unterbringen. Wenngleich man soviel wie möglich bemüht ist, eine Verschlammung des Füllkörpers zu verhindern, so gelingt dies doch in keinem Fall. Vielmehr hat man überall die Erfahrung gemacht, dass sich das Porenvolumen während des Betriebes infolge der stetigen Zunahme der Verschlammung verringert und dass weder durch längere Lüftung und Ausserbetriebsetzung noch durch Umharken oder Umgraben der Füllkörper eine dauernde Verbesserung zu erzielen ist.

Allerdings findet man in England nicht selten die Ansicht vertreten, als würden die Füllkörper überhaupt nicht verschlammen, indem die beim Einfüllen eingeschwemmten Schlammmassen beim Leerstehen des Körpers aufgezehrt werden und verschwinden sollen. Wir können dieser Ansicht nicht zustimmen, glauben vielmehr, dass der Irrtum darauf zurückzuführen ist, dass zuverlässige Messungen des Zu- und Abflusses der Wassermengen und des Porenvolumens nicht stattgefunden haben. Soll die Luft in dem Füllkörper gut zirkulieren, so darf das Porenvolumen naturgemäss eine gewisse Grenze nicht unterschreiten. Welchen Grad die Verschlammung noch errrichen darf, bevor der Füllkörper ausser Betrieb zu setzen ist, hat die Erfahrung noch nicht erwiesen. Bei angestellten Versuchen konnte man mit der Verminderung des Porenvolumens bis auf 150 Liter pro 1 cbm herabgehen, ohne dass ein Nachlassen des Reinigungseffektes zu beobachten war.

Nach den gemachten Erfahrungen kann man wohl annehmen, dass bei tunlichst weitgehender Entfernung der in dem Abwasser enthaltenen Schwebestoffe vor dessen Einleitung in die biologischen Körper, sowie bei sorgfältiger Behandlung der Füllkörper selbst eine Erneuerung bezw. Reinigung des Füllmaterials vor dem Ablauf des 5. Betriebsjahres kaum zu erwarten sein wird. Wie aber das Füllmaterial nach eingetretener Verschlammung am praktischsten und billigsten zu reinigen sein wird, darüber fehlt in England zur Zeit noch die Erfahrung.

Es ist praktisch nicht möglich, die Füllkörper in einem kürzeren

Digitized by Google

Beanspruchung der Füllbecken.

Zeitraum als in etwa $^1/_2$ bis 1 Stunde mit Wasser zu füllen und dieselben in einem kürzeren Zeitraum als in 1 bis 2 Stunden vollständig zu entleeren. Die Zeit des Vollstehens der Körper darf erfahrungsmässig zur Herbeiführung eines genügenden Reinheitsgrades nicht weniger als etwa 2 Stunden, die Zeit des Leerstehens zur Erzeugung einer genügenden Regenerierung der Körper nicht weniger als 2 Stunden betragen. Hiernach berechnet sich der Zeitraum, welchen die einmalige Beschickung eines Füllkörpers erfordert, auf mindestens $5^1/_2$ bis 6 Stunden. Man würde sonach einen Füllkörper im Laufe des 24 stündigen täglichen Betriebes höchstens 4 mal beschicken können. Aber auch dies ist bei dauerndem Betriebe zuviel. Die Abflüsse werden bei so starker Inanspruchnahme der Füllkörper zumal in der kälteren Jahreszeit nicht genügend gereinigt. Wie früher schon gesagt wurde, muss man sich beim doppelten Füllverfahren mit einer dreimaligen, beim einfachen Füllverfahren mit einer zweimaligen Beschickung begnügen. Hieraus berechnet sich die Abwassermenge, welche man in einem Füllkörper täglich zu reinigen imstande ist, auf das $3 . 0{,}3 = 0{,}9$ fache bezw. auf das $2 . 0{,}3 = 0{,}6$ fache des Füllkörpermaterials beim doppelten bezw. einfachen Füllverfahren: oder für das Reinigen von je 1 cbm täglichem Abwasser sind mindestens $\frac{1{,}0}{^1/_2 \cdot 0{,}9} = 2{,}2$ cbm Füllmaterial im doppelten Füllverfahren und mindestens $\frac{1{,}0}{0{,}6} = 1{,}67$ cbm Füllmaterial im einfachen Füllverfahren erforderlich (d. h. auf 1 cbm Material entfallen bei dem doppelten Füllverfahren täglich etwa 0,45 cbm Abwasser und bei dem einfachen Füllverfahren 0,6 cbm Abwasser). Wenn aus der Anlage IV des Kapitels IV sich bei einigen englischen Reinigungsanlagen eine grössere Beanspruchung ergibt, so ist das unseres Erachtens entweder darauf zurückzuführen, dass uns unrichtige Angaben hinsichtlich der Material- und Abwassermenge gemacht worden sind oder dass die Körper öfter gefüllt werden, als uns mitgeteilt worden ist bezw. als wir aus der Literatur entnommen haben.

Abmessungen der Füllbecken

Mit Rücksicht darauf, dass es wünschenswert ist, die Zeit für das Füllen und Entleeren der Füllbecken möglichst kurz zu bemessen, empfiehlt es sich, die Grundrissfläche derselben nicht allzu gross zu gestalten. Sonst aber hat man in der Wahl der Grundrissgestaltung freie Hand. Die Breite der Füllbecken schwankt in den besichtigten Anlagen zwischen 5 und 45 m, die Länge derselben zwischen 15 und

60 m. Die Tiefe der Becken wählt man in der Regel etwa zu 1 m, geht selten über 1,5 m hinaus und unter 0,9 m herunter. In London hat man bis 3,6 m tiefe, aus wallnussgrossem Koks hergestellte Füllkörper versuchsweise in Anwendung genommen, angeblich mit gutem Erfolg und ohne dass die Luftzufuhr verhindert worden wäre.

Die Becken für das Füllverfahren sind in der Regel mit festen Wandungen und fester Sohle aus Beton oder Mauerwerk hergestellt. In einigen Orten, wie Sutton und Oldham, sind die Becken in den undurchlässigen Erdboden eingegraben und mit seitlichen Böschungen versehen.

Zuführung des Wassers.

Die Zuführung des Wassers zu den Füllbecken geschieht im allgemeinen mit Handbetrieb. Selbsttätig wirkende Zuführungen sind vielfach versucht worden. Ueber ihre Brauchbarkeit vermögen wir zur Zeit ein abschliessendes Urteil nicht abzugeben[1]. Derartige selbsttätige Apparate sind hergestellt in Sutton (Adams' patentierter Apparat) und in Swinton (Apparat von Mather & Platt). Ausserdem gibt es noch den sogenannten automatischen Gürtel (Apparat der Septic Tank-Gesellschaft in Exeter), welchen wir in Manchester und Leeds gesehen haben. Dieser Apparat ist aber kompliziert und nach unserer Auffassung nicht zu empfehlen. Wir haben daher auf eine Beschreibung und Darstellung desselben Verzicht geleistet. Die selbsttätig wirkenden Apparate haben den Nachteil, dass ein, wenn auch verhältnismässig geringer Teil des Abwassers ungereinigt oder weniger gut gereinigt durch die Anlage hindurchgeht. Die in Manchester angestellten Versuche mit automatischen Apparaten verschiedener Art haben den Nachweis geliefert, dass selbsttätig wirkende Apparate mindestens im Grossbetrieb unpraktisch sind. Der Verschluss der Zuführungen wird im allgemeinen mit Schiebern, selten mit Klappen oder Ventilen hergestellt.

Verteilung des Wassers.

Die Verteilung des Wassers über die Füllkörper geschieht entweder in Holzrinnen, welche auf den Füllkörpern direkt auflagern oder in geringer Höhe über denselben angebracht sind, oder in Gräben, welche in der Oberfläche des Füllmaterials hergestellt und mit feinem Material ausgekleidet werden (Manchester). Hier und da fehlen jegliche Verteilungsvorrichtungen; das Wasser wird in solchen Fällen von einer einzigen Stelle aus den Füllkörpern zugeführt (Hendon). Im allgemeinen herrscht die Ansicht vor, dass es zweckmässig ist,

1) Vergl. diese Arbeit S. 114.

Digitized by Google

das Wasser über die Oberfläche des Füllkörpers möglichst gleichmässig zu verteilen, weil anderenfalls lokale Verschlammungen entstehen, und man ist der Ueberzeugung, dass man überhaupt nur dann auf besondere Verteilungsrinnen verzichten und aus dem Material ausgehobene Furchen an deren Stelle verwenden darf, wenn das Abwasser vor seiner Aufleitung auf die Füllkörper durch Faulbecken vorbehandelt worden ist und die in dem Abwasser enthaltenen suspendierten Stoffe eine leicht abfiltrierbare Beschaffenheit angenommen haben.

Ableitung des Wassers.

Auf die Ableitung des Wassers (Drainage) wird eine besondere Sorgfalt verwendet. Nur selten überlässt man es dem Wasser, sich auf dem Boden der Füllbecken zwischen dem dort lagernden gröberen Material selbst den Weg zu suchen. In der Regel ist in dem Boden jedes Füllbeckens eine Rinne angebracht (Hauptabflussleitung), welche mit durchlöcherten Platten überdeckt ist und in welche die seitlichen Drainageleitungen (in der Regel Drainrohre) in Fischgrätenform einmünden. Natürlich muss das Hauptabflussrohr verschliessbar eingerichtet sein und während der Dauer der Füllung und des Vollstehens durch Schieber, Ventile oder Schützen verschlossen gehalten werden.

Zuführung der Luft.

Die Zuführung der Luft in die Füllkörper geschieht der Hauptsache nach während der Entleerung derselben in selbsttätiger Weise, indem in demselben Masse, wie das Wasser den Füllkörper unten verlässt, Luft von oben nachdringt. Aber auch während der Dauer des Leerstehens dringt Luft von aussen her in die Füllkörper ein, durchströmt die Zwischenräume der Körper und zieht dann durch die am Boden befindliche Drainage ab. Die Lufterneuerung ist in den Füllkörpern mit Rücksicht auf das feinkörnige Material eine geringere (nach Barwise nur die etwa 1 bis 2 fache der behandelten Abwassermenge) als in den Tropfkörpern. Während der Dauer der Zuführung des Wassers wird in demselben Masse, wie das Wasser die Körper anfüllt, die Luft aus den Körpern nach oben hinausgedrängt. Während des Vollstehens der Füllkörper ist eine Kommunikation von Luft ausgeschlossen. Um das Eindringen der Luft in die Füllkörper zu erleichtern, hat man die Drainröhren an ihren obersten Enden bis zur Oberfläche des Füllmaterials verlängert (Hendon, Manchester, Heywood). Auch hat man Luft vermittels durchlöcherter, am Boden der Becken liegender Röhren in die Füllkörper künstlich eingepresst, hat aber hiermit einen besonderen Erfolg nicht erzielt. Ein Versuch, welcher in Manchester gemacht worden ist, während des Leerstehens der

Füllkörper die Drainröhren mit Wasser gefüllt zu halten, und zwar zu dem Zweck, um zu verhindern, dass bei der nachfolgenden Füllung der Körper das Wasser direkt in die Drainröhren laufen kann, hat sich nicht bewährt, weil hierdurch die Luftzirkulation während der Dauer des Leerstehens abgeschnitten war. Zur besseren Durchlüftung bleibt zur Zeit des Leerstehens der Abflussschieber geöffnet, auch pflegt man die Oberfläche der Füllkörper wiederholt umzuharken oder umzugraben. Das Letztere ist besonders dann erforderlich, wenn die Füllkörper nach Art des Roscoefilters mit einer Lage feinen Materials bedeckt sind. Erfolgt die Verteilung des Abwassers durch Rinnen, welche in dem Material selbst ausgehoben sind, etwa wie in Manchester, so ist zwecks genügender Belüftung der Füllkörper darfür Sorge zu tragen, dass die Rinnen, da hier ein Luftaustausch ausgeschlossen ist, nur einen relativ kleinen Teil der Gesamtoberfläche des Materials ausmachen.

Bei kleinen englischen Anlagen ruht der Betrieb, sofern nicht selbsttätige Apparate zur Füllung und Entleerung der Füllkörper vorgesehen sind, während der Dauer der Nacht, indem während dieser Zeit das Wasser in den Kanälen oder in der Vorreinigungsanlage aufstaut. Das gleiche findet in der Regel auch während des Sonntags statt. In grösseren Anlagen muss natürlich der Betrieb sowohl während der Nacht, als auch Sonntags durchgeführt werden. Aber auch in grossen Betrieben ist der Wasserzufluss während der Nacht und am Sonntage verhältnismässig gering, sodass man in der Lage ist, die Füllkörper während dieser Zeiten geringer zu beanspruchen, als während der anderen Zeit. Die Füllkörper sind daher auf allen Anlagen zu diesen Zeiten entweder garnicht oder verhältnismässig sehr wenig beansprucht. Am Tage pflegt man sie, wie bereits gesagt, zweimal oder bei doppeltem Füllverfahren höchstens dreimal zu füllen. Man hat daher bei der Bemessung der Dauer des Leerstehens der Füllkörper die Tages- und die Nachtzeit besonders zu behandeln. Bei zweimaliger täglicher Füllung gibt man den Körpern während der Nacht eine Ruhepause (Dauer des Leerstehens) von etwa 14 Stunden, bei dreimaliger täglicher Füllung eine solche von etwa 8 Stunden, während man die Ruhepausen am Tage durchschnittlich auf etwa 2 Stunden bemisst. Die Füllkörper pflegen zu Anfang des Betriebes nicht so gute Reinigungserfolge zu zeigen wie später. Sie müssen sich wie z. B. auch die Faulbecken „einarbeiten", d. h. es vergeht nach erfolgter Inbetriebsetzung der Füllkörper stets eine gewisse Zeit, bis ihre volle Leistungsfähigkeit erreicht ist. Die

Betrieb.

Digitized by Google

erfolgte Einarbeitung zeigt sich äusserlich daran, dass sich auf den einzelnen Materialkörnern eine gewisse, wenn auch noch so dünne Schlammschicht abgesetzt hat. Füllkörper sind nach den Manchesterversuchen eingearbeitet, wenn ihre Abflüsse Nitrate und freien Sauerstoff enthalten. Die Zeitdauer der Einarbeitung der Füllkörper ist verschieden gross: sie bewegt sich zwischen 14 Tagen und 3 bis 6 Monaten und ist im Sommer kürzer als im Winter. Während der Zeit des Einarbeitens des Körpers empfiehlt es sich, ihn schonend zu behandeln: man pflegt ihn nur einmal täglich zu beschicken. Erst nachdem der Reinigungsgrad sich in der gewünschten Weise vervollkommnet hat, d. h. nachdem der Körper sich eingearbeitet hat, kann mit dem regelmässigen Betrieb — 2 bis 3 mal täglicher Beschickung — begonnen werden[1]).

2. Filterbecken.

Eine besondere Erwähnung verdient noch die Anlage in Chorley. Hier wird das in Klärbecken vorbehandelte Abwasser auf Filterbecken geleitet, welche einen Inhalt von 95 cbm und mehr haben und mit Sand gefüllt sind, in welchen eine Schicht Polarite oder Schlacke eingefügt ist. Auf die Filterbecken wird alle 20 bezw. 40 Minuten eine Wassermenge von etwa je 11 cbm im breiten Strom aufgelassen und nach dem Durchfliessen sofort abgeleitet. Das Auf- und Ablassen dauert etwa 10 Minuten, die Ruhepause der Filter beträgt also 10 bezw. 30 Minuten. Man wird diese Anlage ebenso wenig als einen Tropfkörper wie als einen Füllkörper ansprechen können; sie hält vielmehr die Mitte zwischen beiden. Die suspendierten Stoffe werden an der sandigen Oberfläche der Filter abgesondert, die gelösten Stoffe erfahren eine weitgehende Veränderung. Die Leistungsfähigkeit der Filter beträgt bei befriedigendem Reinigungseffekt etwa 2,6 cbm Abwasser pro 1 cbm Filtermaterial, ist also verhältnismässig sehr gross. Allerdings wird das Abwasser sehr sorgfältig in den Klärbecken vorbehandelt unter Verwendung von verhältnismässig grossen Mengen an Fällungsmitteln; infolgedessen ist die Schlammerzeugung ausserordentlich hoch und beträgt 16 Liter flüssiger Schlamm pro cbm Abwasser. Auch müssen die Filter jede Woche einmal gewaschen werden. Wenn trotzdem die Betriebskosten nach den Angaben nur 1,5 Pfennig pro cbm Abwasser betragen, so liegt das daran, dass

1) Vergl. auch S. 93.

Digitized by Google

wir es hier mit der einzigen Reinigungsanlage zu tun haben, welcher es möglich ist, den Schlamm gegen Entgelt und zwar für den verhältnismässig hohen Preis von 1,50 Mk. pro Wagenladung los zu werden, also aus dem Absatz an Schlamm sich eine günstige Einnahmequelle zu verschaffen. Immerhin scheinen sich die Betriebskosten auch ohne die Berücksichtigung dieser Einnahmen immer noch in verhältnismässig niedrigen Grenzen zu halten. Der in Chorley erzielte Reinigungseffekt ist ein recht weitgehender (vergl. Anlage III bis V des Kapitals IV). An anderen Orten (z. B. Salford und Leeds) war die Reinigung des Abwassers nach diesem Verfahren weniger befriedigend. In Swinton hat dasselbe vollständig versagt. Uns selbst erscheint trotz der vorerwähnten Misserfolge die in Chorley geübte Art des Filteraufbaues und Filterbetriebes als eine recht beachtenswerte. Nach unserem Dafürhalten ist diese Methode in all' den Fällen erwägenswert, woselbst eine Sandnachbehandlung von durch andere Methoden vorbehandelten Abwässern notwendig erscheint. Wir denken hierbei an erster Stelle an eine Nachbehandlung biologisch vorbehandelter Abwässer, des weiteren dann an zahlreiche industrielle Abwässer, welche eine chemische Vorbehandlung erfahren haben und bei denen eine sichere Ausscheidung der in den vorgeklärten Abwässern etwa noch enthaltenen chemischen Zuschläge und des Restes an ungelösten Bestandteilen als erforderlich erachtet wird.

3. Das Tropfverfahren.

Das Tropfverfahren hat sich ebenso wie das Füllverfahren aus der intermittierenden Filtration entwickelt. Der Vorläufer ist gewissermassen das soeben erwähnte Chorley'sche Filterverfahren. Das Tropfverfahren ist fast ausschliesslich als einstufiges Verfahren ausgebildet worden. Zweistufige Tropfkörperanlagen finden sich zwar auch, aber nur für Versuchszwecke bezw. für definitive Anlagen von ganz geringem Umfange und zwar manchmal anscheinend dann, wenn die angewandte Verteilungseinrichtung das Wasser nicht so gleichmässig über die Tropfkörperoberfläche verteilt, sodass eine nochmalige Verteilung über einen zweiten Körper zweckmässig erscheint. Körpermaterial.

Auch bei dem Tropfverfahren hat sich ergeben, dass Schlacken von Kesselrosten das beste Material für den Aufbau der Körper abgeben. Von einigen Sachkennern (Bostock Hill, Garfield u. a.) werden auch Steinkohlen warm empfohlen. Das öfters angewandte Polarite (vergl. Wealdstone) soll nach dem übereinstimmenden Urteil vieler

Digitized by Google

Untersucher keinerlei Vorteile vor Schlacke oder ähnlichem Material darbieten. Ausser Schlacke und Steinkohlen finden ebenso wie beim Füllverfahren auch Koks, Steinschlag etc. als Tropfkörpermaterialien Verwendung. Bezüglich dieser Stoffe sei auf das bei dem Füllkörpermaterial Gesagte verwiesen.

Bei dem Tropfverfahren erhält man erfahrungsmässig die besten Reinigungsresultate, wenn das Körpermaterial eine nicht zu geringe Korngrösse hat; man wählt bei dem Tropfverfahren die Korngrösse in der Regel zwischen 15 und 75 mm. Bei der definitiven Anlage in Salford liegt die Korngrösse zwischen 5 und 20 mm; bei der Versuchsanlage in Leeds hat man Stücke von Ziegelsteingrösse benutzt. Mit Rücksicht auf die grobe Korngrösse hat man darauf zu achten, dass feines Material von den Tropfkörpern fern gehalten wird, weil dieses durch das ununterbrochene Tropfen des Wassers sehr bald abgespült und in die Zwischenräume des groben Materials eingeschwemmt werden würde. Es ist deshalb ebenso wie bei dem Füllkörpermaterial erforderlich, aus dem Material vor dessen Aufbau durch Aussieben das feinere Material zu entfernen. Lagen von verschiedener Korngrösse kommen in den Tropfkörpern nur selten zur Verwendung. Lichfield bildet eine solche Ausnahme insofern, als hier 4 Lagen übereinander angewendet werden, von denen jede eine andere Korngrösse enthält, nämlich die untere Lage eine gröbere Korngrösse als die auf ihr unmittelbar folgende obere Lage.

Beanspruchung der Tropfkörper.

Die Tropfkörper vermögen nach den englischen Angaben im allgemeinen quantitativ mehr zu leisten als die Füllkörper. Im Durchschnitt braucht man etwa 1,43 cbm Körpermaterial zur Reinigung von 1 cbm täglichem Abwasser, also etwa 15% weniger als beim einfachen Füllverfahren, oder mit anderen Worten: 1 cbm Körpermaterial vermag täglich 0,7 cbm Trockenwetterabfluss zu reinigen. Dieser Wert gilt aber nur für dünnere Abwässer; bei konzentrierteren Wässern tut man gut, diese Zahl auf etwa 0,5 cbm herabzusetzen.

Aufbau der Tropfkörper.

Man baut die Tropfkörper in der Regel auf dem vorhandenen Erdboden der Reinigungsanlage auf, indem man das Material mit Böschungen aufschüttet oder aus den gröberen Stücken des Körpermaterials in loser Aufeinanderpackung Seitenwände, lotrecht oder mit steilen Böschungen, herstellt. Auch durchbrochenes Mauerwerk, welches entweder mit Zwischenräumen gemauert oder aus Hohlsteinen zusammengefügt ist, sowie eiserne oder hölzerne Netzgitter benutzt man, um die Tropfkörper an den Seiten ohne Behinderung der Luftzufuhr ab-

zustützen. In Wealdstone, Salford und Leeds hat man die Tropfkörper in Becken mit massiven Seitenwänden eingebaut. Die Sohle der Tropfkörper wird fast ausschliesslich massiv hergestellt, aus Mauerwerk oder aus Beton. Wo drehbare Sprinkler zur Verteilung des Wassers angewendet werden, pflegt man die Becken bezw. die Körper, dem Durchmesser des Wirkungskreises des Sprinklers entsprechend, kreisrund oder achteckig auszugestalten. Bei feststehenden Sprinklern wird eine viereckige Grundrissanordnung gewählt; die Grundrissabmessungen der viereckig ausgestalteten Tropfkörper sind unbegrenzt, sie betragen z. B. in Salford 150 × 150 m. Die Höhe der Tropfkörper wird, dem zu ihrem Bau verwandten, meist grobkörnigeren Material entsprechend, im allgemeinen grösser gewählt als bei den Füllkörpern, und zwar meistens nicht unter 1,2 m. Als normale Höhe für Tropfkörper kann man etwa 2,3 bis 2,5 m annehmen. In Leeds hat man die Tropfkörper für Versuchszwecke bis auf 3,6 m erhöht.

Bei den Stoddart-Tropfkörpern, bei welchen das Wasser mit durchlochtem Wellblech über den Tropfkörper verteilt wird, erfolgt die Zuführung des Wassers zu den Tropfkörpern in ebenso einfacher Weise wie bei dem Füllverfahren; man benutzt offene Rinnen. Bei der Verteilung mit Sprinklerröhren gestaltet sich die Zuführung des Abwassers im allgemeinen schwieriger, weil es erforderlich ist, in den Sprinklerröhren einen Ueberdruck zu erzeugen. Wo drehbare Sprinkler in Frage kommen, wendet man entweder offene Sprinklertöpfe an, denen man das Abwasser entweder durch hochgelegene Rinnen von oben (Candy-Sprinkler) oder durch gusseiserne Röhren von unten (Whittaker-, York- und Mather und Platt-Sprinkler) zuführt, oder man wendet geschlossene Sprinklertöpfe an (und zwar da, wo ein grösserer Wasserdruck in Frage kommt), denen man das Wasser in eisernen Druckröhren von unten her zuführt. Die letztere Anordnung gestattet die Verwendung von Sprinklern mit verhältnismässig langen Armen. Bei feststehenden Sprinklern wird die Zuleitung des Abwassers gleichfalls durch Röhren mit innerem Druck bewirkt. Zuführung des Wassers.

Im allgemeinen wird das Wasser den Tropfkörpern im ununterbrochenen Strom zugeführt. In einigen Anlagen jedoch wird der Strom periodisch ausgeschaltet. Zur selbsttätigen Unterbrechung des Stroms benutzt man fast ausschliesslich das Gewicht des Wassers. In Wealdstone und beim Leedsfilter in Leeds wird die Unterbrechung durch wageartige Einrichtungen, in Caterham und beim Dukatfilter in Leeds

Digitized by Google

durch Kippkästen bewirkt. Auch durch Einschaltung Shone'scher Ejektoren hat man versucht, die Zuleitung periodisch zu unterbrechen. Nach unserer Auffassung übt die Unterbrechung des Zuflusses auf den Reinigungsvorgang kaum einen nennenswerten Einfluss aus, wohl aber scheint durch die stossweise Zuführung beim unterbrochenen Betrieb eine Verstopfung der Sprinklerröhren mehr verhindert zu werden als beim ununterbrochenen Betrieb.

Verteilung des Wassers.

Die Verteilung des Wassers über die Oberfläche der Tropfkörper erfolgt in der Regel durch drehbare Sprinkler nach Art des Segner'schen Wasserrades. Die Sprinklerröhren zweigen von einem Topf ab, welcher drehbar aufgehängt ist. Die Anordnung der Auflagerung der offenen Sprinklertöpfe ist verhältnismässig einfach, wird aber bei den geschlossenen Sprinklertöpfen kompliziert. Die Verteilung des Wassers durch feststehende Sprinklerröhren wird vielfach aus dem Grund nicht bevorzugt, weil das Wasser nicht so gleichmässig über die Oberfläche des Tropfkörpers verteilt werden kann wie bei den drehbaren Sprinklern. Indessen scheint die sinnreiche Einrichtung des Mundstücks in Salford, die man in ähnlicher Weise in Birmingham einzuführen beabsichtigt, diese Befürchtungen beseitigt zu haben. Die Verteilung des Wassers nach Stoddart'scher Art (mit durchlöchertem Wellblech) scheint nicht praktisch zu sein, weil es umständlich ist, an die Oberfläche des Tropfkörpers heranzukommen, sie aufzuharken oder umzugraben, und weil es schwer hält, die Wellblechtafeln dauernd in horizontaler Lage zu erhalten. Man hat auch versucht, die gleichmässige Verteilung des Wassers über die Tropfkörper durch die Anordnung einer dünnen Lage von feinkörnigem Material auf der Oberfläche zu bewirken. Der Reinigungseffekt war hierbei im allgemeinen ein zufriedenstellender, doch zeigte das feine Material sehr bald eine weitgehende Verschlammung und musste in kurzen Zeiträumen erneuert werden; auch verhinderte das feine Material keineswegs, wie man erhoffte, das Einschwemmen feinerer Massen in den Tropfkörper; die Tropfkörperabflüsse enthielten etwa ebenso viele ungelöste Stoffe wie ohne feine Schicht. Endlich musste grosse Sorgfalt auf die Ueberwachung des Betriebes verwendet werden, da sonst nicht unerhebliche Geruchsbelästigungen aufzutreten pflegten. In Salford hat man deswegen diese Art der Verteilung wieder aufgegeben.

Die Sprinklerröhren haben den Nachteil, dass sie sich leicht verstopfen und daher periodisch gereinigt werden müssen. Die Reinigung geschieht in der Regel täglich einmal, und zwar sind nicht allein die

Digitized by Google

Röhren selbst, sondern ganz besonders die kleinen Spritzlöcher zu reinigen. Die Röhren werden mit kleinen Bürsten an langen Stielen, die Spritzlöcher mit Nägeln oder Stiften gereinigt. Die drehbaren Sprinkler haben den besonderen Nachteil, dass der Wind sie unter Umständen in der Bewegung hemmt. Eine derartige Störung des Betriebes soll sich besonders bei solchen drehbaren Sprinklern bemerkbar machen, deren Arme länger als etwa 8 m sind. Auch werden die drehbaren Sprinkler bei grösserer Länge verhältnismässig schwer, und ihre Aufhängung, sowie die Erhaltung der Wagerechten verursachen Schwierigkeiten. So ist es zu erklären, dass man in Birmingham den Versuch gemacht hat, Sprinklerröhren von sehr grosser Länge mit motorischer Kraft (Petroleum) zu bewegen.

Ableitung des Wassers.

Tropfkörper, welche auf einer verhältnismässig grossen Grundfläche aufgebaut sind, werden auf ihrem Boden in gleicher Weise mit Drainageleitungen versehen wie die Füllkörper. Bei Tropfkörpern von runder oder achteckiger Grundrissform pflegt man unmittelbar über dem Boden einen freien Raum zu lassen, welcher mit der Aussenluft in seiner ganzen Ausdehnung kommuniziert. Die Decke dieses Raumes wird von eisernen Gittern oder durchlochten Tonplatten in gerader oder gewölbter Form gebildet. Seltener wird das Material, und zwar dann ganz grobkörniges, auf der Sohle des Tropfbeckens direkt aufgeschüttet. Das Wasser fliesst auf dem Boden, der Neigung desselben folgend, entweder nach aussen in eine daselbst rings um den Körper hergestellte offene Rinne oder nach innen in ein unterirdisch angeordnetes Abflussrohr.

Zuführung der Luft.

Die Zuführung der Luft in die Tropfkörper geschieht im Gegensatz zu den Füllkörpern ununterbrochen und zwar, wo seitlich massive Mauern angeordnet sind, ausschliesslich von oben her, sonst aber auch von den Seitenwänden her. Die Anordnung von horizontal liegenden Drainröhren in verschiedenen Lagen innerhalb des Tropfkörpers zu dem Zwecke, die Luftzuführung noch mehr zu begünstigen, scheint nicht den erwarteten Erfolg gehabt zu haben. Man ist der Auffassung, dass das Wasser bei dem Durchtropfen durch den Körper die Luft mit sich reisst und nach unten hin bewegt. Hiernach würde der Luftstrom im allgemeinen zu allen Zeiten die gleiche Richtung haben: er würde an der Oberfläche und den oberen Teilen der Seitenwände in den Körper eingesaugt und an der Sohle und den unteren Teilen der Seitenwände aus dem Körper hinausbefördert werden. Man will festgestellt haben, dass die Luftmenge, welche durch den Tropfkörper

Digitized by Google

hindurchgeführt wird, mehr als das fünffache des durch den Tropfkörper hindurchgeschickten Wasserquantums beträgt. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass man mit Rücksicht hierauf, gerade bei dem Tropfverfahren der Luftzuführung eine ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen hat. In Leeds will man gefunden haben, dass dem Tropfkörper nicht mehr genügend Luft zugeführt wurde, wenn derselbe eine grössere Breite als 20 m besass. Hierdurch würde erwiesen sein, dass die Zuführung der Luft von der Oberfläche her beim Tropfverfahren nicht ausreichend ist und die Luftzuführung von den Seitenwänden her nicht entbehrt werden kann. Nach unserer Auffassung spielt die seitliche Luftzuführung nicht eine solche Rolle wie angegeben; es kommt vielmehr vor allem auf die Freihaltung des Luftzutritts von oben und auf völlig ungehinderte Abführung der Luft von der Sohle her an.

Betrieb. Der Betrieb der Tropfkörper gestaltet sich mit Rücksicht auf die ununterbrochene Zuführung des Abwassers verhältnismässig einfach. Im allgemeinen werden die Tropfkörper 12 Stunden lang ununterbrochen mit Abwasser beschickt und ruhen danach 12 Stunden. Ein ununterbrochener Betrieb auf die Dauer von 24 Stunden ist verhältnismässig sehr selten. Die Dauer des Aufenthaltes des Abwassers in den Tropfkörpern während des Durchsickerns ist gegenüber derjenigen beim Füllverfahren eine recht kurze; sie beträgt in Salford etwa 25 Minuten, in Accrington etwa 10 Minuten, in Leeds und Wealdstone nur 1 bis 2 Minuten. Der Nachweis über die Dauer des Aufenthaltes in den Tropfkörpern wird dadurch erbracht, dass man dem Wasser zur Gruppe der Fluoresceïne gehörende Farbstoffe wie Fluoresceïnkalium, -natrium (Uranin) oder die Bromverbindung des Fluoresceïns (Eosin)[1] zusetzt.

Die Tropfkörper pflegen wie die Füllkörper zu Anfang des Betriebes nicht so gute Reinigungserfolge zu zeigen wie später und müssen sich wie jene „einarbeiten". Allerdings scheint für das Einarbeiten der Tropfkörper eine geringere Zeit zu genügen als bei den Füllkörpern. Doch spielt auch bei den Tropfkörpern die Jahreszeit insofern eine Rolle, als die Dauer der Einarbeitung in der wärmeren Jahreszeit eine kürzere sein soll als in der kälteren. Eingearbeitete Tropfkörper sind daran kenntlich, dass die einzelnen Stücke des

1) Eosin ist zu dem gedachten Zwecke weniger gut geeignet; Methylenblau, Fuchsin etc., welche von den biologischen Körpern absorbiert werden, sind hierfür unbrauchbar.

Digitized by Google

Körpermaterials mit einer mehr oder weniger dicken Schlammschicht überzogen sind. Die zweckmässigste Art der Einarbeitung der Tropfkörper ist eingehend noch nicht studiert. Das Wenige, was hierüber bekannt geworden ist, scheint darauf hinzudeuten, dass es bei dem Tropfverfahren ebenso wie bei dem Füllverfahren am zweckmässigsten ist, den Tropfkörpern zu Anfang weniger Abwasser zuzuführen und sie erst später normal zu belasten. Naturgemäss setzt sich der mit dem Rohwasser zugeführte Schlamm auf den obersten Schichten des Tropfkörpers in höherem Masse ab als in den tiefergelegenen Schichten. Um zu verhindern, dass die Luftzuführung infolge der Verschlammung gestört wird, pflegt man die Oberfläche der Tropfkörper, wie es auch bei den Füllkörpern geschieht, häufig umzuharken oder umzugraben, was namentlich bei der Wahl von verhältnismässig feinem Korn erforderlich wird. Da das Abwasser bei dem Tropfverfahren, bevor es das Körpermaterial erreicht, eine Luftschicht von bestimmter Höhe durchfallen muss, sind naturgemäss Geruchsbelästigungen nicht ausgeschlossen. Die Geruchsbelästigungen sind aber bei den feststehenden Sprinklerröhren, bei denen das Wasser nach oben in die Luft gespritzt wird, grösser als bei den drehbaren Sprinklerröhren oder bei der Verteilung des Wassers mit Wellblech. Eine Verschlammung des Tropfkörpers erscheint bei Verwendung von grobkörnigem Material ausgeschlossen, weil der Schlamm nach erfolgtem Abbau seiner organischen Bestandteile von dem nachfolgenden Wasser dauernd ausgewaschen und in die Abflüsse des gereinigten Wassers hineingeschwemmt wird. Wenn trotzdem Verschlammungen von Tropfkörpern vorgekommen sind, so ist dies meistens auf die ungenügende Vorreinigung des Wassers in den Klär-, Absitz- oder Faulbecken zurückzuführen gewesen. Die in den Abflüssen der Tropfkörper vorhandenen abgebauten Körperchen[1] (suspendierte Bestandteile) sind zwar nicht mehr fäulnisfähig, verunreinigen aber den Abfluss durch ihre oft recht beträchtliche Menge und machen eine Abscheidung erforderlich. In welcher Weise ihre Abscheidung am praktischsten zu bewirken ist, darüber fehlt zur Zeit noch die Erfahrung. Gewöhnlich leitet man das Wasser durch besondere Absitzbecken von geringer Tiefe und hat damit anscheinend zufriedenstellende Resultate

1) Bei nicht normal arbeitenden Tropfkörpern stellen die in den Abflüssen vorhandenen Körper keineswegs Abbauprodukte dar; sie bestehen in solchen Fällen (vergl. z. B. das „Leedsfilter“ und das „Stoddartfilter“ in Horfield) der Hauptsache nach aus ausgewaschenen Organismen; der Schlamm ist in diesem Falle fäulnisfähig.

Digitized by Google

erzielt; indessen weiss man nicht, wie gross solche Becken sein müssen. Man weiss nur soviel, dass die Körperchen sich aus dem Wasser leicht ausscheiden und dass der durch sie gebildete Schlamm sowohl drainierbar, wie auch pressfähig ist. Man hat auch versucht, die Körperchen aus dem Wasser durch Sand- oder Kiesfilter auszuscheiden. Derartige Einrichtungen haben sich aber, wie festgestellt ist, in keinem Falle bewährt. Die Filter verstopfen sich nämlich sehr bald und müssen häufig gereinigt werden, wodurch erhebliche Kosten entstehen. Bei den Versuchen in Leeds hat man festgestellt, dass derartige Filter an Fläche viermal so gross sein müssen wie die Tropfkörper selbst. Erwägenswert scheint uns der Versuch, die Körperchen durch nach Chorley'scher Art aufgebaute und betriebene Sandfilter zu entfernen[1]).

4. Vergleich zwischen Füll- und Tropfverfahren.

Welches von den beiden biologischen Verfahren vorteilhafter ist, kann ohne weiteres nicht beantwortet werden. Beide Verfahren besitzen gewisse Vorzüge. So gestaltet sich beim Füllverfahren die Verteilung des Abwassers über die Oberfläche der biologischen Körper bedeutend einfacher wie bei dem Tropfverfahren; die Betriebssicherheit ist mithin bei dem ersteren im allgemeinen eine grössere als bei dem letzteren. Die Füllkörper sind weiterhin infolge ihrer ganzen Anlage gegen die Einwirkungen niederer Temperaturen mehr geschützt und verhindern die Geruchsbelästigung in höherem Masse als die Tropfkörper. Auch sollen Füllkörper hinsichtlich der Abscheidung etwa in dem Rohwasser enthaltener pathogener Keime mehr leisten als Tropfkörper. Andererseits ist das Tropfverfahren sowohl in qualitativer wie quantitativer Hinsicht leistungsfähiger wie das Füllverfahren. Das Tropfverfahren ergibt nach den englischen Ermittelungen (vgl. Anlage IV des Kapitels IV) bei höherer quantitativer Leistungsfähigkeit etwa die gleichen Reinheitsgrade wie das doppelte Füllverfahren. Hierbei enthalten die Tropfkörperabflüsse noch reichliche Mengen von gasförmigem Sauerstoff, der den aus Füllkörpern stammenden Abflüssen meistens zu fehlen pflegt. Die Tropfkörper können infolge ihres meist grobkörnigeren Materials ohne Behinderung der erforderlichen Luftzufuhr bedeutend höher angelegt werden wie die aus feinkörnigem Material hergestellten Füllkörper.

---

1) Vergl. hierzu auch das auf S. 227 dieser Arbeit Gesagte.

Digitized by Google

Die Anlagekosten sind beim Tropfverfahren geringer als beim Füllverfahren, weil seitliche Wände nicht oder doch nur in geringer Stärke erforderlich sind, weil ferner die Körper bedeutend höher hergestellt werden können und die Beschaffung des grobkörnigen Tropfkörpermaterials sich im allgemeinen billiger gestalten wird wie die des Füllkörpermaterials, dessen Korngrösse mit viel grösserer Sorgfalt hergestellt werden muss wie bei dem Tropfverfahren. Wie es sich vergleichsweise mit den Betriebskosten stellt, kann nicht angegeben werden. Zwar erfordern die Tropfkörper weniger Bedienung, dafür aber mehr Kosten für die Unterhaltung und für das Reinigen der Zuführungsröhren und namentlich der Sprinkler. Die Tropfkörper zeigen aber bei sachgemässem Betriebe und richtiger Auswahl des Materials keine derartige Verschlammung, dass ein Auswaschen erforderlich wird. Bei dem feinkörnigen Material der Füllkörper lässt sich dagegen ein Verschlammen auch bei weitgehendster Vorreinigung nicht vermeiden, sodass früher oder später nicht unerhebliche Kosten durch das Waschen des Materials, sowie auch durch den Ersatz des beim Waschen entstehenden Materialverlustes zu erwarten stehen.

Nach unserer Auffassung wird man in den Fällen, wo genügendes Gefälle vorhanden ist oder Hebewerke an und für sich schon erforderlich sind, sowie in Fällen, in denen die Anlage auf einem relativ kleinen Gelände untergebracht werden muss, an erster Stelle an das Tropfverfahren, in Fällen dagegen, wo nur wenig Gefälle, aber reichliches Gelände für die biologische Anlage zur Verfügung steht, an das Füllverfahren zu denken haben.

Füllverfahren und Tropfverfahren sind unseres Erachtens im Prinzip gleichwertige Methoden. Die in England ausgesprochene Ansicht, das Füllverfahren sei unnatürlich, es stelle nur eine Uebergangsmethode dar und müsse als veraltet angesehen werden, können wir auf Grund der angestellten Erhebungen nicht teilen.

g) Einrichtungen zur Nachbehandlung des Abwassers.

Es kann nicht erwartet werden, dass die durch die biologischen Körper gereinigten Wässer die Beschaffenheit eines reinen Quellwassers haben. Tatsache ist, dass die gereinigten Wässer vielfach nicht vollständig klar sind, sondern eine Opaleszenz oder eine geringe Trübung zeigen, die erst nach mehrtägigem Stehen, und zwar bis zu 10 Tagen, durch Abscheidung von Niederschlägen verloren geht. Die Natur der Ausscheidung, welche die Opaleszenz oder die Trübung bewirkt, ist

Digitized by Google

zur Zeit noch nicht endgiltig aufgeklärt. Man nimmt an, dass die Opaleszenz und die Trübung durch sehr fein verteilte Teilchen von Kalkseifen und durch Ton hervorgerufen wird und dass dem Abwasser ein gefahrbringender Charakter dadurch nicht gegeben wird.

Nachbehandlung auf Land.

Jedenfalls darf nicht Wunder nehmen, wenn bei den in England durch die Beschaffenheit und die Benutzung der Vorfluter bedingten Verhältnissen das Local Government Board nach wie vor allgemein den Standpunkt vertritt, dass das in den biologischen Körpern gereinigte Wasser nicht direkt den öffentlichen Wasserläufen zugeleitet werden darf. Nur ganz vereinzelt hat man die direkte Einleitung zugelassen, so z. B. in Sutton, Hendon, Heywood, Accrington, Chorley, Lichfield und Horfield, wenn nämlich in der Nähe der Reinigungsanlagen die für die Nachbehandlung erforderliche Bodenfläche in zweckentsprechender Beschaffenheit nicht oder nur für sehr teures Geld zu haben war. Wo diese Voraussetzung nicht zutrifft oder andere Gründe massgebend sind, wird die Nachbehandlung des in den biologischen Körpern gereinigten Wassers auf Land verlangt und ausgeführt. Diese Behandlung findet meistens in der Weise statt, dass das Wasser der intermittierenden Filtration auf Land unterworfen wird. Die Anlagen hierzu sind vielfach recht primitiver Natur und nehmen in der Regel eine geringe Fläche ein, welche oft nicht viel grösser ist als die von den biologischen Körpern selbst in Anspruch genommene Fläche. Nur selten stehen für die Nachbehandlung Landflächen in dem Umfange zur Verfügung, wie sie in den Vorschriften des Board gefordert werden. Das Land steht fast dauernd unter Wasser; es ist drainiert und wird an der Oberfläche häufig umgegraben.

Künstliche Filter.

Auch künstliche, mit Drainage versehene Filter, in ähnlicher Weise wie die Füllkörper hergestellt, aber in ununterbrochenem Strom nach Filterart betrieben, finden für die Nachbehandlung des gereinigten Wassers Verwendung. Selten finden sich in England Teichanlagen, in welchen die durch das biologische Verfahren gereinigten Wässer zwecks weiterer Reinigung kürzere oder längere Zeit noch verbleiben, bevor sie in den Vorfluter oder auf Rieselanlagen ein- bez. aufgeleitet werden. Die Nachbehandlung des Wassers auf Land oder in künstlichen Filtern hat nicht allein den Zweck, den Reinheitsgrad zu erhöhen, sondern beabsichtigt ganz besonders die schädlichen Bakterien aus dem Wasser abzuscheiden. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass diese Bakterien durch das biologische Verfahren, zumal wenn ein Faulraum vor die biologischen Körper geschaltet ist, zwar vermindert, aber keineswegs vollständig aus dem Ab-

wasser entfernt werden. Diese Keime werden nämlich, sofern sie in der Vorreinigungsanlage nicht entweder rein mechanisch ausgefällt und so aus dem Abwasser beseitigt werden oder in ihren Lebensäusserungen geschwächt worden sind, durch den biologischen Körper hindurch mit dem Wasser mitgeschwemmt und verbleiben in dem Körper nur insoweit, als sie mit den suspendierten Stoffen niedergeschlagen und an dem Körpermaterial haften bleiben. Bei der Nachbehandlung auf Land dagegen werden die Bakterien abgeseiht. In Deutschland hat man für die Landnachbehandlung eine Desinfektion der Abflüsse mit Chlorkalk, aber nur in Fällen von Epidemien in Vorschlag gebracht[1]).

b) Behandlung des Dünn- und Sturmwassers.

Behandlung des Dünnwassers.

Die biologische Anlage muss einen solchen Umfang haben, dass sie nicht allein den Trockenwetterabfluss, sondern auch das Dünnwasser aufzunehmen und zu reinigen imstande ist. Da das Dünnwasser naturgemäss meist weniger suspendierte Stoffe und gelöste fäulnisfähige Stoffe enthält als der Trockenwetterabfluss, so kann man die biologischen Körper mit dem Dünnwasser mehr beanspruchen als mit dem Trockenwetterabfluss. Dazu kommt, dass es in unseren Klimaten im allgemeinen während eines Jahres nur etwa 500 bis 600 Stunden lang regnet, dass also Dünnwasser auch nur während der entsprechenden, verhältnismässig kurzen Zeit zu behandeln ist. Man hält es daher nicht für erforderlich, für die Aufnahme des Dünnwassers besondere Anlagen zu schaffen. Wenn die biologischen Körper in Uebereinstimmung mit den früher gemachten Angaben dimensioniert sind, werden sie auch zur Reinigung des Dünnwassers genügen.

Behandlung des Sturmwassers.

Dagegen sind für die Behandlung des Sturmwassers auf fast allen Reinigungsanlagen besondere Vorrichtungen getroffen. Diese bestehen in der Regel aus Filtern einfachster Art oder aus Anlagen für die intermittierende Filtration. Die Filter werden in der Regel aus billigem, brockenartigem Material in geringer Höhe aufgebaut. Das Wasser durchströmt die Filter in ununterbrochenem Strom. Der Reinigungseffekt in derartigen Anlagen ist nach unserer Auffassung sehr gering — die Sturmwasserfilter bewirken im allgemeinen nur eine Entfernung der suspendierten Stoffe —, indessen muss hervorgehoben werden, dass Sturmwasser noch viel seltener auf die Reinigungsanlage gelangt als Dünnwasser und dass es noch verdünnter ist als

---

1) Bezüglich der Nachbehandlung des Wassers in Absitzbecken vergl. S. 233.

Digitized by Google

dieses. In Manchester hat man zur Behandlung des Sturmwassers zwar gleichfalls Filter eingebaut, diese sind aber so eingerichtet, dass sie zu anderen Zeiten als Füllbecken betrieben werden können und dass man mit ihnen auch den Trockenwetterabfluss bezw. das Dünnwasser zu reinigen imstande ist. Diese Art der Ausbildung der Sturmwasserfilter erscheint aus mehreren Gründen zweckdienlich und nachahmenswert.

Da das Sturmwasser in seiner grössten Menge ebensoviel Wasser umfasst wie das Dünnwasser in seiner grössten Menge, so nehmen die Anlagen für das Sturmwasser im allgemeinen einen beträchtlichen Umfang ein. Nach den Vorschriften des Local Government Board muss für je 1 cbm Trockenwetterabfluss eine Sturmwasserfilterfläche von 1,2 qm vorrätig gehalten werden.

Baukosten.

Ueber die Höhe der Baukosten der biologischen Anlagen haben wir nur selten Zuverlässiges erfahren können. Mit Ausschluss der Kosten für den Grunderwerb sollen die Kosten für die Herstellung einer biologischen Reinigungsanlage im gesamten Umfang, also mit Einschluss der Klär-, Absitz- oder Faulbecken, sowie mit Einschluss der Anlagen zur Nachbehandlung und zur Behandlung des Sturmwassers, 15 bis 30 Mk. pro Kopf der an die Kanalisation angeschlossenen Bevölkerung betragen. Man kann annehmen, dass unter normalen Verhältnissen durchschnittlich 20 Mk. auf den Kopf der Bevölkerung entfallen, 2 Mk. für den Landerwerb (das Hektar mit 16 000 Mk. gerechnet), und 18 Mk. für die baulichen Anlagen. Unter Zugrundelegung einer Wasserproduktion von durchschnittlich 150 Liter pro Tag und Kopf — 55 cbm pro Jahr und Kopf der Bevölkerung — sowie unter Zugrundelegung einer Verzinsung des gesamten Anlagekapitals mit 4 % und einer Tilgung des Baukapitals[1]) mit 1 %[2]) berechnen sich die jährlichen Aufwendungen für die Verzinsung und Amortisierung auf $20 . 0{,}04 + 18 . 0{,}01 = 0{,}98$ Mk. pro Kopf der Bevölkerung oder $\frac{1}{55} . 0{,}98 = 0{,}018$ Mk. oder 1,8 Pfennig pro cbm Abwasser. Die Kosten für die Beschaffung des Füllmaterials sind

1) Der Wert des Grund und Bodens bleibt dauernd bestehen, braucht also nicht amortisiert zu werden.

2) Bei 1 proz. Amortisation wird das Anlagekapital nach dem Verlauf von 40 Jahren getilgt.

Digitized by Google

ganz verschieden. Sie sind naturgemäss in Zentren der Industrie, wo Schlacke zu niedrigem Preise zu haben ist, verhältnismässig billig und betragen hier $2^1/_2$ bis 7 Mk. für das Kubikmeter mit Einschluss der Kosten für das Sieben und Einbauen. Wo in der Nähe der Reinigungsanlage Schlacken nicht erzeugt werden, steigen die Kosten für das Körpermaterial entsprechend höher und zwar bis auf 13 Mk. für das Kubikmeter. Je gleichmässiger das Korn des Körpermaterials sein soll, desto höher stellen sich im allgemeinen auch die Herstellungskosten.

Betriebskosten.

Die Betriebskosten sind durchaus nicht so verschieden, wie man allgemein anzunehmen geneigt ist. Sie betragen im Durchschnitt etwa 1,1 Pfennig für das Kubikmeter Abwasser bei grossen Anlagen und etwa 1,5 Pfennig bei kleinen Anlagen. Der Preis steigt in Horfield bis auf 3,2 Pfennig und geht in Manchester, Lichfield und Oldham bis auf etwa 0,8 Pfennig herunter. Bezüglich des Näheren sei auf Anlage VI des Kapitals IV verwiesen.

Rieselfelder.

Der Besuch der Birminghamer Rieselfelder gibt uns Veranlassung, an dieser Stelle noch einige Betrachtungen über den Rieselfeldbetrieb anzuschliessen. Im allgemeinen pflegt man das Abwasser in seinem rohen Zustande auf die Rieselfelder zu leiten. Man begnügt sich damit, vorher die groben Sinkstoffe durch Sandfänge und die groben Schwimmstoffe durch Gitter auszuscheiden. Man mutet also den Rieselfeldern die doppelte Arbeit zu, erstens den Schlamm aus dem Wasser auszusondern und zu vernichten und zweitens das Abwasser von den gelösten schädlichen Bestandteilen zu reinigen. Zu diesem Zweck breitet man das Wasser über die Oberfläche des Rieselfeldes aus oder leitet es in schmalen, offenen, in Entfernungen von etwa je 1 m angeordneten Gräben über das Rieselfeld. Das Wasser versickert in den Erdboden und wird dabei gereinigt; der Schlamm wird an der Erdoberfläche abgeseiht. Im allgemeinen wird jedes einzelne Ackerstück eines Rieselfeldes etwa 25 bis 80mal im Jahre berieselt. Jede Rieselung dauert je nach der Durchlässigkeit des Bodens etwa 3 bis 10 Stunden. Während der übrigen Zeit hat der Erdboden Gelegenheit sich zu regenerieren. Die Erfahrung lehrt nun, dass sandiger Boden einen besseren Reinheitsgrad gibt als lehmiger Boden und dass bei gleicher Bodenbeschaffenheit der Reinigungseffekt ein geringerer ist, wenn

Betrieb.

Digitized by Google

der Eintritt der Luft in den Erdboden hinein teilweise oder ganz verhindert wird. Wird z. B. ein Rieselstück mit dem Abwasser vollständig überstaut und dadurch die Luft abgesperrt, so erhält man Abflüsse, welche nachfaulen. Aus diesen Erfahrungen ergibt sich die Aehnlichkeit zwischen dem Rieselverfahren und dem biologischen Verfahren, insbesondere dem Tropfverfahren. Der Zutritt der Luft und die Beförderung des Zutritts in den Erdboden bezw. in den Reinigungskörper ist bei beiden Verfahren eine Hauptsache. Lehmiger Boden besitzt kleinere Poren als sandiger, er behindert also den Luftzutritt mehr und eignet sich schon deswegen weniger für die Rieselei als sandiger Boden. Der an der Rieselfeldoberfläche abgeseihte Schlamm bildet nach jeder Rieselei in der Regel eine zusammenhängende, ganz dünne Schicht, welche gleichfalls die Luft absperrt. Diese Schicht trocknet aber, namentlich im Sonnenschein oder bei trockenem Wind, sehr schnell und zerfällt in einzelne gekrümmte, sich von der Erdoberfläche ablösende Blättchen, deren Zwischenräume den Luftzutritt wieder gestatten. In dieser Form wird ein Teil des Schlammes an der Luft bald verzehrt, ein anderer Teil dient den Pflanzen als Düngemittel; der Rest des Schlammes wird in sog. Humussubstanz umgesetzt und verbleibt im Acker. Führt man dem Rieselfeld mehr Schlamm zu, als es zu verarbeiten imstande ist, so bleibt der Schlamm dauernd an der Oberfläche liegen und macht die Rieselfelder nicht allein für die Versickerung, sondern auch infolge des Abschlusses der Luft für die Reinigung des Wassers ungeeignet. Die Erfahrung lehrt, dass man einem Hektar Rieselland durchschnittlich täglich nicht mehr als etwa 50 cbm[1]) schlammhaltiges Wasser von mittlerem Konzentrationsgrad zuführen darf, sonst verschlammt das Land. Aus dieser Zahl lässt sich berechnen, dass 1 Hektar Rieselland imstande ist, jährlich eine Menge von 365 . 50 . 0,004[2]) = 73 cbm 90 proz. wasserhaltigen Schlamm anstandslos zu verdauen, d. i. eine etwa 7 mm hohe Schicht flüssiger Schlamm oder eine 0,7 mm hohe Schicht Trockensubstanz, wovon etwa die Hälfte organischer Natur ist.

Absondern des Schlammes.

Will man die Rieselfelder aufnahmefähiger machen, so muss man aus dem Abwasser vorher die schlammbildenden Stoffe nach Möglichkeit ausscheiden. Das geschieht durch die bekannten Mittel in Ab-

1) Diese Zahl ist verhältnismässig hoch.

2) 1000000 Teile Abwasser enthalten etwa 400 Teile ungelöste, schlammbildende Stoffe. Es ist angenommen, dass die Gesamtheit der ungelösten Stoffe an der Oberfläche des Riesellandes abgeseit wird.

Digitized by Google

sitz- oder Klärbecken oder dergleichen. Im allgemeinen gelingt es, hierdurch von der Gesamtmenge aller suspendierten Stoffe durchschnittlich etwa 80 % niederzuschlagen und von dem Rieselfeld fernzuhalten. Dem Rieselfeld wird dann mit jedem Kubikmeter Abwasser nur der fünfte Teil der schlammbildenden Stoffe zugeführt, d. h. in der fünffachen Menge des vorbehandelten Abwassers sind nicht mehr schlammbildende Stoffe enthalten als in der einfachen Menge unbehandelten Abwassers, oder vorbehandeltes Abwasser hinterlässt auf der Oberfläche des Rieselfeldes die gleiche Menge Schlamm wie nicht vorher behandeltes, wenn es auf der gleichen Fläche in fünffacher Quantität verrieselt wird. Hiernach wäre es mit Rücksicht auf den Schlamm möglich, auf 1 ha Rieselland 5 . 50 = 250 cbm Abwasser täglich zu verrieseln. Ob das Rieselland eine solche Abwassermenge (25 mm tägliche Aufgusshöhe) zur Versickerung zu bringen vermag, hängt von der Bodenbeschaffenheit ab. Durchlässiger, sandiger Boden leistet erfahrungsmässig eine solche Menge, lehmiger Boden nicht. Aber selbst bei sehr durchlässigen Bodenarten muss die Erdoberfläche bei einer solchen Beanspruchung fast ununterbrochen unter Wasser stehen. Da ein Pflanzenwuchs infolge der Nässe nicht mehr gedeiht, so kann man nicht mehr von einer Rieselei sprechen; man hat es in solchen Fällen mit der intermittierenden Filtration zu tun. Dass bei einem derartig intensiven Betrieb der Reinigungseffekt erheblich leidet, leuchtet ein, da der Zutritt der Luft in den Erdboden fast ununterbrochen abgesperrt ist. Dagegen hat man festgestellt, dass man bei Vorbehandlung des Rohwassers durchlässigen Rieselboden mit einer Wassermenge bis zu 150 cbm pro Hektar täglich behandeln kann, ohne dass der Reinigungseffekt in irgend einer Weise leidet oder der Pflanzenwuchs beeinträchtigt wird (allerdings gelingt es bei einer so intensiven Berieselung nicht, Körnerpflanzen zu ziehen; man muss sich dabei mit dem Anbau von Gras, Rüben pp. begnügen). Die nachstehende Tabelle 25 enthält die Beanspruchung einiger Rieselfelder mit vorbehandeltem und mit nicht behandeltem Abwasser. Zu den in dieser Tabelle mitgeteilten Werten ist zu bemerken, dass die Angaben über Leicester, Paris und Cheltenham der Literatur entnommen, die anderen Angaben aber durch direkte Anfragen ermittelt oder den betreffenden Verwaltungsberichten entnommen sind. Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass sämtliche Angaben sich auf das Betriebsjahr 1902 beziehen und dass als Rieselfläche die für die Rieselei benutzte Fläche einschliesslich der Wege und Gräben, aber ausschliesslich der nicht

den eigentlichen Zwecken der Rieselei dienenden sonstigen Ländereien in Rechnung gestellt wurde.

Tabelle 25.

Rieselfeld	Art der Vorbehandlung	Auf je 1 ha Rieselland entfällt tägliche Abwassermenge cbm	Auf je 1 ha Rieselland entfällt Zahl der Einwohn., welche an die Kanal. angeschlossen sind	Bodenbeschaffenheit des Riesellandes	Bemerkungen
Braunschweig	keine	34	285	lehmig u. sandig	—
Berlin	"	36 bis 45	260	" "	—
Dortmund	"	45	258	sandig	—
Magdeburg	"	47	430	sandig u. kiesig	—
Rixdorf	"	49	545	lehmig	—
Liegnitz	"	50	400	sandig	—
Münster i. W.	"	51	344	"	—
Breslau	"	58	470	"	—
Freiburg i. Bg.	"	64	240	"	—
Leicester	"	65	400	schwerer Boden	—
Paris	"	73	—	sandig	—
Danzig	"	91	705	sterilerDünensand	—
Preston	"	100	555	sandig	—
Burton on Trent	Vorklär. m. Kalk	120	242	leichter Boden	—
Charlottenburg	Absitzbecken	130	1200	sandig	—
Norwich	keine	146	1080	lehmig	Rieselfeld ist überlastet
Cheltenham	Absitzbecken	149	405	schwerer Boden	—
Birmingham	Absitz- und Faulbecken	154	1100	z. T. schwerer, z. T. leichter Boden	—
Cottbus	Klärturm	178	700	sandig	—

Burton on Trent, Charlottenburg, Cheltenham, Birmingham und Cottbus besitzen Anlagen zur systematischen Vorbehandlung des Abwassers und aus der vorstehenden Tabelle 25 ist zu entnehmen, dass gerade von diesen Städten die Rieselfelder viel stärker beansprucht werden als in denjenigen, welche eine solche Vorbehandlung nicht vornehmen. Auch Tatton, der Oberingenieur des Mersey and Irwell Joint Committee, hat die gleichen Erfahrungen gemacht. In seinem der Royal Commission erstatteten Bericht über den Einfluss der Vorbehandlung des Abwassers und der Bodenbeschaffenheit auf die erforderliche Grösse der Landflächen gibt derselbe die in nachfolgender Tabelle 26 aufgeführten Zahlen.

Tabelle 26.

Bodenart	Das Abwasser wird nicht vorbehandelt		Das Abwasser wird chem. oder mechan. vorbehandelt		Das Abwasser wird mit dem biolog. Verfahren vorbehandelt	
	Auf je 1 ha Landfläche ist zulässig					
	tägliche Abwassermenge cbm	Einwohnerzahl	tägliche Abwassermenge cbm	Einwohnerzahl	tägliche Abwassermenge cbm	Einwohnerzahl
A. Rieselei ohne Drainage:						
Sand	34	250	170	1250	340	2500
Milder Lehm .	34	250	170	1250	250	1850
Strenger Lehm	25	185	68	500	135	1000
Torf	ungeeign.	ungeeign.	ungeeign.	ungeeign.	ungeeign.	ungeeign.
Klaiboden . .	17	125	34	250	102	750
B. Intermittierende Filtration mit Drainage:						
Sand	51	375	170	1250	340	2500
Milder Lehm .	51	375	170	1250	340	2500
Strenger Lehm	25	185	102	750	170	1250
Torf	25	185	68	500	135	1000
Klaiboden . .	ungeeign.	ungeeign.	ungeeign.	ungeeign.	ungeeign.	ungeeign.

Aus dieser Tabelle 26 ist zu entnehmen, dass Abwasser, welches chemisch oder mechanisch vorbehandelt ist, im allgemeinen eine 3 bis 4 mal geringere Rieselfläche beansprucht als Wasser, welches nicht vorbehandelt ist, und dass Wasser, welches durch biologische Körper vorgereinigt ist, im allgemeinen die Hälfte an Rieselfläche beansprucht als solches, welches chemisch oder mechanisch vorbehandelt ist, und zwar unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheit, welche bei Rieselfeldern in Frage kommen kann. Man findet in Deutschland vielfach die Ansicht vertreten, dass man die Rieselflächen so gross zu wählen habe, dass etwa auf 250 Personen mindestens 1 ha entfällt. Nach den vorstehenden Ausführungen und Tabellen ist diese Ansicht im allgemeinen nur dann richtig, wenn das Abwasser nicht vorbehandelt wird und durchlässiger Rieselboden zur Verfügung steht. Man sollte überhaupt die Rieselflächen nicht nach der Personenzahl der angeschlossenen Bevölkerung bemessen sondern nach der Wassermenge, welche ihnen zugeführt werden soll; denn die Abwasserproduktion, auf den Kopf der Bevölkerung berechnet, ist in den verschiedenen Städten eine ganz verschiedene.

Digitized by Google

Vergleich zwischen dem biologischen Verfahren und dem Rieselverfahren.

Es muss vorweg bemerkt werden, dass die nachstehenden Zahlen nur grosse Durchschnittswerte darstellen, welche durch örtliche Verhältnisse wesentlich verschoben werden können. Die Zahlen können also als Grundlage zu einer Berechnung im Einzelfall nicht dienen; sie werden aber für die Aufstellung von vergleichenden Berechnungen einen Anhalt geben können.

Zunächst kann es keinem Zweifel unterliegen, dass das biologische Verfahren nur dann mit dem vorstehend beschriebenen, ordnungsmässig betriebenen Rieselverfahren inbezug auf den Reinigungseffekt in chemischer und bakteriologischer Hinsicht (Abscheidung der Bakterien) in Konkurrenz treten kann, wenn eine Nachbehandlung auf Land stattfindet. Was sodann die Kosten anbetrifft, so zerfallen diese in einmalige Ausgaben für die Herstellung der Anlage und in jährliche Ausgaben für die Unterhaltung und für den Betrieb. Für das biologische Verfahren (inkl. Absitz- etc. Becken) sind diese Kosten im grossen Durchschnitt auf Seite 238 und 239 berechnet und jährlich auf $1{,}8 + 1{,}1 = 2{,}9$ Pfennig pro cbm Abwasser für Grossbetriebe und auf $1{,}8 + 1{,}5 = 3{,}3$ Pfennig für Kleinbetriebe angegeben. In Deutschland werden die Kosten für eine biologische Anlage in ihrem gesamten Umfange, d. h. für eine Anlage, welche in chemischer Beziehung einen der Berieselung gleichwertigen Effekt zu erzielen imstande ist, nach den bislang vorliegenden Erfahrungen in gleicher Höhe zu bewerten sein. Zwar beeinflusst die jeweilige Höhe des Preises für den Grund und Boden die vorstehenden Kosten, die Differenz ist aber verhältnismässig gering, da die Kosten für den Grunderwerb gegenüber den Kosten für die baulichen Anlagen stark zurücktreten (sie betragen etwa nur 10 % der Gesamtkosten). Beim Rieselverfahren haben die Kosten für die Herrichtung der Rieselfelder: Aptierung, Wasserzuführung, Drainage, Herstellung der Entwässerungsgräben u. s. w., in Berlin, Breslau und Charlottenburg gleichmässig etwa 2500 Mk. für das Hektar betragen. Sie können in der gleichen Höhe für das Gesamt-Deutschland, wohl auch für England angenommen werden. Ganz verschieden sind dagegen die Kosten für den Erwerb des Rieselbodens. In England zahlt man für 1 ha etwa 16 000 Mk.; in Berlin hat 1 ha 2400 Mk., in Breslau und Charlottenburg durchschnittlich etwa 1800 Mk. gekostet. Wo überhaupt geeigneter Boden

in der Nähe vorhanden ist, wird er in Ostdeutschland für etwa 2000 Mk. das Hektar zu kaufen sein. In West- und Süddeutschland ist er entsprechend teurer. Wie bezeichnen in den nachfolgenden Berechnungen diesen Preis mit x. In deutschen Grossstädten werden im Mischsystem, nach dem Jahresdurchschnitt berechnet, täglich etwa 120 Liter Abwasser pro Kopf der Bevölkerung produziert, also pro Kopf und Jahr rund 44 cbm. Diese Zahlen legen wir der nachstehenden Berechnung zu Grunde. Wir nehmen ferner an, dass das Rieselfeld, wie vorstehend angegeben, täglich 50 cbm Abwasser pro ha aufzunehmen imstande ist. Unter dieser Annahme entfällt auf 1 ha Rieselfeld eine Einwohnerzahl in Deutschland von rund 420. Die einmaligen Kosten für den Kopf der angeschlossenen Bevölkerung betragen demnach

a) für Grunderwerb $\frac{x}{420}$ Mark;

b) für Herrichtung des Rieselfeldes $\frac{2500}{420} = 5{,}95$ Mark.

Die einmaligen Kosten zu a und b müssen jährlich verzinst werden (4 %): dagegen ist es nicht erforderlich, die Kosten zu a zu amortisieren, da der Grund und Boden durch die Rieselei seinen Wert nicht verliert. Dagegen erfordert die Herrichtung des Rieselfeldes (b) dauernd Unterhaltung und Erneuerung. Die Kosten hierfür werden auf 1 % vom Anlagekapital jährlich geschätzt. Die Kosten zu a und b erfordern also die folgenden jährlichen Aufwendungen auf den Kopf der Bevölkerung:

$$\left(\frac{x}{420} + 5{,}95\right) 0{,}04 + 5{,}95 . 0{,}01 = 0{,}000095 . x + 0{,}2975.$$

Die Betriebskosten der Rieselfelder werden, wenigstens in Deutschland, durch die aus den Rieselfeldern erzielten Einnahmen vollständig gedeckt. So erfordern z. B. die Berliner Rieselfelder (im allgemeinen Selbstbewirtschaftung) jährlich 3 000 000 Mk. Betriebsausgaben, erzielen aber auch Betriebseinnahmen in gleicher Höhe. Die Breslauer Rieselfelder, welche verpachtet sind, erfordern jährlich 22 000 Mk. Betriebskosten und bringen 88 000 Mk. Pacht, ergeben also einen Ueberschuss von 66 000 Mk. jährlich. Die Charlottenburger Rieselfelder, welche gleichfalls verpachtet sind, erfordern jährlich 23 000 Mk. Betriebskosten und bringen 34 000 Mk. Pacht, ergeben also einen Ueberschuss von 11 000 Mk. Ob gleiche Verhältnisse auch in England vorliegen, ist uns nicht bekannt geworden. Wir sehen davon ab, unserer Berechnung Ueberschüsse zugrunde zu legen,

nehmen aber an, dass die Betriebsausgaben von den Betriebseinnahmen gedeckt werden.

Die jährlichen Kosten, welche das Rieselverfahren im ganzen beansprucht, betragen also 0,000095 . x + 0,2975 Mk. für den Kopf der Bevölkerung, oder $\frac{1}{44}$ (0,000095 . x + 0,2975) = 0,00000216 . x + 0,00676 Mk. für das Kubikmeter Abwasser.

Sollen diese Kosten nicht grösser sein als die vorstehend auf 2,9 bezw. 3,3 Pf. berechneten Kosten für das biologische Verfahren, so darf das Hektar Rieselboden nicht teurer sein als 10 300 Mk. für Grossstädte und als 12 200 Mk. für Kleinstädte. Nebenbei bemerkt betragen die Gesamtkosten der Rieselei bei der Annahme eines Bodenpreises von

2000	2500	3000	4000	5000	6000	Mk./ha
1,11	1,22	1,32	1,54	1,76	1,97	Pf./cbm.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass das Rieselverfahren dem biologischen Verfahren auch in Bezug auf die Kosten überlegen ist; denn es darf wohl vorausgesetzt werden, dass, wo überhaupt geeigneter Boden für die Rieselei vorhanden ist, in Deutschland 1 ha Ackerfläche mit geringen Ausnahmen zu billigerem Preise als 10 300 bezw. 12 200 Mk. zu haben sein wird. In England dagegen trifft das Umgekehrte zu, hier ist der Boden im allgemeinen teurer als vorstehend angegeben, also stellt sich daselbst auch das Rieselverfahren teurer als das biologische Verfahren. Auffallenderweise ist man in Deutschland fast allgemein der Ansicht, dass die Rieselwirtschaft unerschwinglich teuer und in Bezug auf die Kosten dem biologischen Verfahren nachzustellen sei. Die vorstehenden Zahlen mahnen zur Vorsicht in der Beurteilung.

Man scheint vielfach der Ansicht zu sein, dass das Rieselverfahren nur in Gemeinschaft mit der Anlage von Abwasserhebewerken und von Druckrohren einzurichten sei. Diese Ansicht trifft in dieser Allgemeinheit nicht zu. Ob es erforderlich ist, das Wasser zu heben, hängt einzig und allein von den örtlichen Verhältnissen ab, nicht von der Wahl des Reinigungsverfahrens. Den Rieselfeldern von Freiburg i. Br. fliesst z. B. das Abwasser mit natürlichem Gefälle zu, der für die Vorortgemeinde Wilmersdorf bei Berlin geplanten biologischen Reinigungsanlage muss dagegen das Abwasser mittelst eines Hebewerks durch eine Druckrohrleitung zugeführt werden. Allerdings wird die für die Anlage von Rieselfeldern erforderliche, dem biologischen Reinigungs-

Digitized by Google

verfahren gegenüber verhältnismässig grosse Bodenfläche im allgemeinen in der Nähe der Stadt nicht käuflich zu haben sein, auch zwingt die durch den Rieselbetrieb erzeugte grössere Geruchsbelästigung dazu, mit den Rieselfeldern die Nähe der Städte zu meiden. Muss man aber mit dem Rieselfeld weit hinausrücken, vielleicht gar auf hoch gelegenes Gelände, während in der Nähe der Stadt die Möglichkeit zur Herstellung einer biologischen Anlage vorhanden ist, vielleicht gar auf tief gelegenem Gelände, so wird sich bei der Anlage des Rieselfeldes eine Wasserhebeanlage und eine Druckrohrleitung nicht umgehen lassen, während derartiges für die biologische Anlage nicht erforderlich ist. Wenn aber für die Errichtung der Reinigungsanlage nur **ein** Gelände in Frage kommt, und es soll entschieden werden, ob es billiger ist, **hier** ein Rieselfeld oder eine biologische Anlage zu errichten und zu betreiben, so kann die Entscheidung nur zu Gunsten der Rieselei ausfallen.

Nun kann aber das Rieselverfahren noch erheblich billiger ausgestaltet werden, wenn man das Abwasser vor der Aufleitung auf die Rieselfelder einer Vorbehandlung in Absitzbecken unterzieht. Man kann, wie bereits gesagt, in diesem Fall den täglichen Aufguss auf die Rieselfelder bis auf 150 cbm auf das Hektar erhöhen, also auf das Dreifache derjenigen Wassermenge, welche das Rieselfeld ohne Vorbehandlung des Abwassers aufzunehmen vermag. Dementsprechend kann die Rieselfläche um das Dreifache kleiner erworben und ausgestaltet werden, und es berechnen sich die jährlichen Ausgaben auf $1/3\ (0{,}00000216\ .\ x + 0{,}00676) = 0{,}00000072\ .\ x + 0{,}00225$ Mk. für das Kubikmeter Abwasser. Allerdings müssen bei diesem Rieselverfahren noch Kosten für die Herstellung von Absitzbecken aufgewendet werden. Diese betragen, überschläglich berechnet, wenn die Becken in primitiver Weise hergestellt werden, etwa 0,30 Mk. für den Kopf der Bevölkerung, demnach die jährlichen Zinsen und die Tilgung des Anlagekapitals $0{,}3\ .\ 0{,}05 = 0{,}015$ Mk. pro Kopf oder $\frac{0{,}015}{44} = 0{,}00034$ Mk. oder 0,034 Pf. pro cbm Abwasser. Ferner entstehen jährliche Ausgaben für die Beseitigung des Schlamms; diese werden, hoch gegriffen, etwa 0,40 Pf. pro Kubikmeter Abwasser betragen. Die Ausgaben erhöhen sich also auf $0{,}00000072\ .\ x + 0{,}00225 + 0{,}00034 + 0{,}004 = 0{,}00000072\ .\ x + 0{,}0066$ Mk. für das Kubikmeter Abwasser und betragen bei der Annahme eines Bodenpreises von

Digitized by Google

	2000	2500	3000	4000	5000	6000 Mk./ha
	0,80	0,84	0,88	0,95	1,02	1,09 Pf./cbm.

also gegenüber der Rieselfeldanlage ohne Vorklärung billiger um

28	31	33	38	42	45 %.

Anhang.

A. Verzeichnis und kurze Charakterisierung der in dem Berichte behandelten biologischen Systeme.

Aerating filters s. Corbett-Verfahren.

Cameron-Filter s. Cameron-Verfahren.

Cameron-Verfahren (Septic Tank-Verfahren, Exeter-Verfahren): Vorbehandlung des Abwassers in geschlossenen Faulräumen; einstufige, aus feinkörnigem Material aufgebaute Füllkörper („Cameronfilter“); Beschickung und Entleerung der Filter automatisch durch den sog. automatischen Gürtel. Vergl. S. 63, 92, 150, **165**, 223.

Candy-Verfahren (Internationales Verfahren, Ferrozone-Verfahren, Polarite-Verfahren, Carboferrit-Verfahren): Vorbehandlung des Abwassers in Absitzbecken oder -Brunnen (Vermeidung weitgehenderer Faulprozesse) oder in Klärbecken (Ferrozone); einstufige Filter oder ein- oder zweistufige Tropfkörper, meistens nur 1 m hoch mit oder ohne Polariteschicht; Verteilung des Abwassers über die Tropfkörperoberfläche durch Rinnen oder durch drehbare, mit je einem „Unterbrecher“ ausgestattete Sprinkler („Candy-Sprinkler“). Vergl. S. 59, 60, 65, **66**, 99, 107, 141, 144, 191, 194, 226, 227, 229.

Carboferrit-Verfahren s. Candy-Verfahren.

Contact-Verfahren s. Füllverfahren.

Continuous filters s. Tropfkörper.

Corbett-Verfahren: Behandlung des Abwassers in Klärbecken, dann Filtration durch Kies, schliesslich Reinigen in Tropfkörpern (aerating filters); Verteilung des Abwassers über die Tropfkörper durch feststehende Sprinkler (Mundstücke). Vergl. S. 100, **103**.

Dibdin-Filter s. Dibdin-Verfahren.

Dibdin-Verfahren[1] (Sutton-Verfahren): Vorbehandlung in Klärbecken, Absitzbecken oder nur oberflächlich durch Gitter (Lösen der Schlammfrage im biologischen Körper); ein- oder zweistufige Füllkörper („Dibdinfilter“); Material in der Regel Koks oder burnt ballast. Vergl. S. **40**, 53, 55, 150, 163, 209, 218.

1) Bezüglich des neuesten Dibdinfilters (Patent No. 16851, 1903) vergl. W. J. Dibdin, Recent improvements in methods for the bacterial treatment of sewage.

Dropping bed s. Tropfkörper.

Ducat-Verfahren: Vorbehandlung in Absitz-, Klär- oder Faulbecken; einstufiger Tropfkörper (Ducatfilter), dessen Seitenwände aus schief gelegten Drainröhren bestehen und der durch Röhrensysteme künstlich belüftet und beheizt wird; Verteilung des Abwassers über den Tropfkörper vermittels Kipprinnen. Vergl. S. **168**, 201.

Exeter-Verfahren s. Cameron-Verfahren.

Ferrozone-Verfahren s. Candy-Verfahren.

Füll-Verfahren (Contact-Verfahren, Stau-Verfahren, Füllkörper, Contactkörper). Vergl. S. 1.

Garfield-Verfahren: Vorbehandlung meist in Klärbecken; einstufiger Tropfkörper aus Kohle in Lagen von verschiedener Korngrösse aufgebaut (Garfieldfilter); Verteilung durch Sprinklerröhren; Betrieb meist intermittierend. Vergl. S. 183, **186**.

Internationales Verfahren s. Candy-Verfahren.

Leedsfilter: Vorbehandlung des Abwassers durch Gitter (nur oberflächliche Vorreinigung), dann einstufiger, aus ganz grobem Material (Grösse von Backsteinen) aufgebauter Tropfkörper; Verteilung des Abwassers durch drehbare Sprinkler. Vergl. S. **167**, 229, 233.

Lowcock-Verfahren: Vorbehandlung in Klärbecken; einstufiger künstlich belüfteter Tropfkörper; Verteilung durch Rinnensysteme. Vergl S. 183.

Manchester-Verfahren: Offene Faulbecken, dann zweistufige Füllkörper; die Körper der oberen und unteren Stufe sind meistens gleich gross und aus demselben Material hergestellt („Manchesterfilter"). Vergl. S. **83**, 85, 150, 164.

Percolating filters s. Tropfkörper.

Polarite-Verfahren s. Candy-Verfahren.

Roscoe-Verfahren: Vorbehandlung in Klärbecken, einstufige Füllkörper, schichtenweise aus verschiedenkörnigem Material aufgebaut (Roscoefilter). Vergl. S. 81, **92**, 109, 127, 225.

Scott-Moncrieff-Verfahren: Aelteres Verfahren (für kleinere Anlagen): Vorbehandlung des Abwassers in einem mit Steinen angefüllten Faulraume (cultivation tank); einstufiger Tropfkörper aus 5 bis 8 bis 9 übereinander gestellten Betonkästen (nitrifying trays) hergestellt; Verteilung des Abwassers durch feststehende Sprinklerröhren. Vergl. S. **70** u. folg., 214.

Neueres Verfahren (für grössere Anlagen): Vorbehandlung des Abwassers in Faulbecken, Nachbehandlung in einstufigen Tropfkörpern. Verteilung mit einem einarmigen, durch einen Petroleummotor angetriebenen Sprinkler. Vergl. S. 180.

Septic Tank-Verfahren s. Cameron-Verfahren.

Stau-Verfahren s. Füllverfahren.

Stoddart-Verfahren: Vorbehandlung des Abwassers in Klär- oder Faulbecken; einstufiger, aus relativ grobem Material frei (d. h. ohne feste Seitenwände) aufgebauter Tropfkörper (Stoddartfilter); Verteilung mittels gelochter Wellbleche mit Tropfstiften. Vergl. S. 92, **192**, 230, 233.

Streaming filters s. Tropfkörper.

Sutton-Verfahren s. Dibdin-Verfahren.

Digitized by Google

Trickling filters s. Tropfkörper.
Tropfkörper: Vergl. S. 1.
Tropfverfahren (Tropfkörper, Continuous filters, Streaming filters, Percolating filters, Trickling filters, Dropping bed). Vergl. S. 1.
Whittaker-Verfahren (Whittaker-Bryant-Verfahren): Vorbehandlung in Faulbecken; einstufiger Tropfkörper (thermal aerobic filters); Verteilung des Abwassers durch drehbare Sprinkler (Whittaker-Sprinkler). Vergl. S. 132, **134**, 165, 201.
Whittaker-Bryant-Verfahren s. Whittaker-Verfahren.
York-Verfahren: Vorbehandlung in offenen Faulbecken; einstufiger Tropfkörper mit horizontalen Lüftungsröhren (Yorkfilter); Verteilung des Wassers über den Tropfkörper durch drehbare Sprinkler (York-Sprinkler). Vergl. S. **151** u. folg., 180.

B. Literatur.

Barwise, L., The Purification of Sewage. London 1899. — The Bacterial Purification of Sewage. London 1901. —

Chorley, Description of the Sewage Purification Works 1899. — Sewage Purification Works; Annual Report, Year ended March 1902.

Crimp, S. W., Sewage Disposal Works; Second Edition. London 1894.

Dibdin, W. J., The Purification of Sewage and Water; Third Edition. London 1903.

Fitzgerald, J. V. V., The Law affecting the Pollution of Rivers and Water generally. London 1902.

Fitzmaurice, M., Shrinkage of the Thames and Lea. London County Council 1903.

Fowler, G. J., Sewage Works Analyses. London 1902. — Manchester Corporation Sewage Works Urmston. Report 19. November 1903. — The Application of Chemical Analyses to the Study of the Biological Processes of Sewage Purification. Manchester 1904.

Goodrich, W. F., The Economic Disposal of Towns' Refuse. London 1901.

Hann, J., Handbuch der Klimatologie. Zweite Auflage. Stuttgart 1897.

Heywood, Borough of: Report on the Bacterial Purification of Sewage. Oktober 1900. — Annual Report Year ended March 31. 1902. — Annual Report Year ended March 31. 1903.

Jones, A. S. and Roechling, H. A., Natural and Artificial Sewage Treatment. London-New-York, 1902.

Leeds, City of: Report on Sewage Disposal. Leeds, July 1900.

Local Government Boards Provisional Orders Confirmation (No. 10) Act 1891.

London County Council: Clowes Dr., 1. Report. London 1898. — Clowes Dr. and Houston Dr., 2. Report. London 1899. — Clowes Dr. and Houston Dr., 3. Report. London 1900. — Clowes Dr., 4. Report, London 1902.

Manchester, City of — Rivers Department, Experts' Report on Treatment of Manchester Sewage 1899. — Report of the Rivers Comittee of the 22. January 1900. — Annual Report for the Year ending March 27. 1901. —

Digitized by Google

Year ending March 26. 1902. — Year ending March 25. 1903. — The Treatment of Manchester Sewage, July 1902. — Regulations for admission of Trade Refuse into sewers.

Maxwell, W. H., The Removal and Disposal of Town Refuse. London 1898.

Mersey and Irwell Joint Committee Act, 1892.

Moore, E. C. S., Sanitary Engineering. London, Second Edition 1901.

Naylor, W., Trades Waste. London 1902.

Oldham, County Borough of: The Treatment of Sewage. Oldham 1901 and 1903.

Pollution of Rivers Act, 1876.

Reiseberichte (teils als Manuskripte gedruckt): Hamburg: Nocht, Dr., 1897. — Bromberg: Meyer u. Metzger. 1898. — Berlin: Büttner, Brix u. Gen., 1900. — Ems: Reuter, Eschenbrenner, Göbel, 1902. — Elberfeld-Barmen: Lindley, 1902.

Rideal, Dr. S., Sewage and the Bacterial Purification ot Sewage. London 1901.

Robinson, H. und Melliss, J. C., Purification of Water-Carried Sewage. London 1877.

Royal Commission on Sewage Disposal: Interim Report I, II (Evidence) and III (Appendices). London 1902. — Second Report. London 1902. — Third Report I and II (Evidence). London 1903.

Salford, The Borough Engineers Scheme for Completing the Salford Sewage Works 1895. — Sewage Works 1902.

Sanitary Record and Journal of Sanitary and Municipal Engineering. London.

Slagg, C., Water Engineering, Second Edition. London 1895.

Stoddart, F. W., On the best method of sewage disposal for small communitees. Bristol 1904.

Surveyor, The- and the Municipal and County Engineer. London.

Technologic quarterly and Proceedings of the Society of Arts, Vol. XVI, June 1903.

Water Works Directory and Statistics. London 1903.

Wanklyn, J. A., Water Analyses. London 1896.

Watson, J. D., The Purification of Sewage with special reference to the Works of the Birmingham Tame and Rea District Drainage Board. Birmingham 1903.

Wood, F., Sanitary Engineering. London 1902.

York, City of: Report to the Sewerage Committee on Sewage Purification Experiments at the Naburn Disposal Works. York 1901.

Druck von L. Schumacher in Berlin N. 24.

Verzeichnis der Tafeln.

Uebersichtskarte von England 1
Mittlere jährliche Regenhöhen 2
Jahresisothermen 3
Januarisothermen 4
Sutton (Surry) . . . . 5—6
London (Barking) 7
Hendon . . . . 8—9
Wealdstone . . . . 10—11
Caterham (Kaserne) 12
Manchester. . . . . 13—18
Salford . . . . 19—21
Swinton . . . . 22—25
Oldam . . . . 26—27
Heywood . . . . 28—29
Accrington . . . . 30—31
Chorley . . . . 32—33
York . . . . 34—35
Leeds (Knostrop) . . . . 36—37
Birmingham . . . . 38—42
Tipton 43
Lichfield . . . . 44—45
Horfield 46

Blatt 1.

Mitteilungen

aus der

Königlichen Prüfungsanstalt

für

Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung

zu Berlin.

Herausgegeben

von

Dr. A. Schmidtmann,
Prof., Geh. Ober-Med.- u. vortr. Rat im Kgl. Preuss. Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, Anstaltsleiter,

und

Dr. Carl Günther,
Geh. Med.-Rat, a. o. Professor der Hygiene an der Universität, Anstaltsvorsteher.

Heft 4.

Mit 11 Tafeln.

BERLIN. 1904.
VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD
NW. UNTER DEN LINDEN 68.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

1. Die Probekläranlage zu Cöln-Niehl und die daselbst angestellten Untersuchungen und erzielten Ergebnisse. Von Stadtbaurat Steuernagel (Cöln) 1
2. Die Abwasser-Flora und -Fauna einiger Kläranlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer. Von Prof. Dr. M. Marsson (Berlin) 125
3. Erörterung über die Zweckmässigkeit einer Düngung der Aecker und Wiesen des Klostergutes Weende mit Wasserfäkalien der Stadt Göttingen. Von Landes-Oekonomierat Beseler (Weende) 167
4. Beitrag zur Frage der Desinfektionswirkung des Ozons. Von Privatdozenten Dr. Oscar Spitta (Berlin) 176

Digitized by Google

1.

Die Probekläranlage zu Cöln-Niehl und die daselbst angestellten Untersuchungen und erzielten Ergebnisse.

Von

Stadtbaurat **Steuernagel** in Cöln.

Inhaltsverzeichnis.

		Seite
I.	Vorgänge und Entwicklung der Frage einer Klärung der Kanalwässer der Stadt Cöln	2
II.	Beschreibung der Probekläranlage nebst Siebanlage bei Cöln-Niehl	6
III.	Der Hauptauslass der Cölner Kanalisation	11
IV.	Die auf der Anlage vorgenommenen Untersuchungen und zwar:	
	a) Die abzuführenden Kanalwassermengen	13
	b) Die Bestimmung und Regulierung der dem Klärbecken bei verschiedener Durchflussgeschwindigkeit zuzuführenden Wassermengen	16
	c) Feststellung der Menge der gröberen Sinkstoffe, der Schwebe- und Schwimmstoffe im Kanalwasser	17
	d) Temperaturmessungen des Kanalwassers im Klärbecken	18
	e) Beschaffenheit der Cölner Kanalwässer	20
	f) Die chemischen Untersuchungen des Ein- und Ablaufwassers des Probeklärbeckens bei verschiedener Geschwindigkeit zur Bestimmung des Kläreffekts	23
	1. Die Probeentnahme	23
	2. Die Konservierung der Proben	25
	3. Die angewandten Untersuchungsmethoden	25
	g) Die Untersuchungen über die Sedimentierung des geklärten Kanalwassers bei 12stündigem ruhigen Stehen desselben	27
	h) Untersuchungen über die chemische Verunreinigung des Rheins durch die Einleitung der Kanalwässer	28
	i) Die Probeentnahme für die Schlammuntersuchung	29
	k) Die bakteriologischen Untersuchungen	31
V.	Die Ergebnisse der angestellten Untersuchungen	31
	a) Zusammenstellung der Ergebnisse	31

Digitized by Google

Seite

b) Die wechselnde Beschaffenheit der Kanalwässer während der einzelnen Tageszeiten, insbesondere die verhältnismässige Reinheit der Nachtwässer 33
c) Die Ausscheidung weiterer suspendierter organ. Substanzen aus dem „geklärten" Ablaufwasser bei 12stündigem ruhigen Stehen desselben 34
d) Der Kläreffekt bei verschiedener Durchflussgeschwindigkeit im Versuchsbecken 35
e) Die Natur des geklärten Kanalwassers 39
f) Die mechanische Reinigung der Kanalwässer im Klärbecken und die Sedimentierungskurve 40
g) Die Ergebnisse über die Menge und Beschaffenheit des gewonnenen Klärschlammes 56
h) Die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen . . . 57
i) Rheinwasseruntersuchungen 58
VI. Schlussfolgerungen und Anträge 66

Anlagen:

Plan 1: Uebersichtsplan der Kläranlage und Umgebung.
„ 2: Uebersichtsplan der städtischen Kläranlage.
„ 3: Klärbeckenanlage, Längenschnitt.
„ 4: Einlaufgallerie und Schlammfang am Klärbecken.
„ 5: Die Ausmündung des Hauptsammelkanals bei Niehl.
„ 6: Graphische Auftragung der täglichen Kanal-Brauchwassermengen im Hauptsammelkanal Amsterdamerstrasse für das Jahr 1901.
„ 7: Darstellung der Brauchwassermengen im Hauptsammelkanal bei Niehl für das Jahr 1901.
„ 8: Darstellung der gemittelten Mengen der Verunreinigungsstoffe.
„ 9: Darstellung der Kanalwasserverunreinigung.
„ 10: Die Sedimentierungskurve.
Tabellen I bis K über die Ergebnisse der Untersuchungen auf der Probekläranlage bei Cöln-Niehl.

I. Vorgänge und Entwicklung der Frage einer Klärung der Kanalwässer der Stadt Cöln.

Durch Ministerialerlass war s. Z. der Stadt Cöln aufgegeben worden, ihre Kanalwässer vor Einleitung in den Rhein einem gründlichen Reinigungsverfahren zu unterziehen. Es wurde dabei die in damaliger Zeit allgemein gehandhabte Bedingung gestellt, dass die Reinigung dauernd bis zu dem Grade bewirkt werde, dass eine Befreiung der Kanalwässer von allen suspendierten sowie von allen mit blossen Sinnesorganen wahrnehmbaren sonstigen Verunreinigungen und von Mikroorganismen stattfinde, und zwar letzteres soweit, dass 1 ccm

des gereinigten Abwassers nur höchstens noch 300 entwicklungsfähige Keime enthalten dürfte.

Da in Cöln nach den örtlichen Verhältnissen Rieselfeldwirtschaft oder ein biologisches Verfahren so gut wie ausgeschlossen war, so hätte vorstehende Vorschrift nur durch Anwendung eines chemisch-mechanischen Reinigungsverfahrens erfüllt werden können. Mittlerweile hatte man aber erkannt, dass abgesehen von den hohen Betriebskosten die Anwendung von chemischen Fällungsmitteln mit grossen Nachteilen verbunden sein kann. Die Stadtverwaltung trug daher mit Recht grosse Bedenken, an die Ausführung einer derartigen Anlage heranzutreten und zwar umso mehr, da die örtlichen Verhältnisse von Cöln für eine Einleitung der Schmutzwässer ausserordentlich günstige sind. Bis meilenweit unterhalb von Cöln liegen keine Ortschaften dicht am Rhein und nirgendwo wird unterhalb Wasser zur Trinkwasserversorgung dem Strom entnommen. Auch bietet der Rhein mit seinen gewaltigen Wassermengen, welche bei einem abnorm niederen Wasserstande noch 783 cbm pro Sekunde betragen, ganz besonders günstige Verhältnisse für die gefahrlose Unterbringung der Schmutzwässer.

Um indess die Frage der Verunreinigung des Rheins durch die Cölner Kanalwässer und die Selbstreinigung des Flusses möglichst auf positive Ergebnisse zu stützen, sind von der Stadt umfangreiche bakteriologische Untersuchungen durch die Herren Prof. Dr. Stutzer-Bonn und Dr. Knublauch-Cöln-Ehrenfeld[1]) und von Dr. Schenk-Bonn[2]) über den Einfluss der Rheinvegetation auf die Selbstreinigung des Flusses veranlasst worden. Alle diese Untersuchungen und sonstige Ergebnisse[3]) wurden mit Bericht vom 6. Mai 1893 der Staatsregierung unterbreitet und der Antrag gestellt, mit Rücksicht auf die Ergebnisse eine mechanische Reinigung der Schmutzwässer, durch welche letztere von den in ihnen enthaltenen gröberen und feineren suspendierten Schmutzstoffen und den darin schwimmenden und schwebenden festen Stoffen befreit werden sollten, genehmigen zu wollen.

Durch Ministerialerlass aus dem Jahre 1894 ist sodann der Stadt die chemische Klärung erlassen und eine mechanische Reinigung

1) Untersuchung. über den Bakteriengehalt des Rheinwassers von Prof. Dr. Stutzer-Bonn und Dr. Knublauch-Cöln. Centralbl. f. allgem. Ges.-Pflege. Bonn 1893.

2) Ueber die Bedeutung der Rheinvegetation f. d. Selbstreinigung d. Rheins von Dr. Schenk-Bonn. Centralbl. f. allg. Ges.-Pflege. Bonn 1893.

3) Steuernagel, Untersuchungen über die Verunreinigung des Rheins. Ges.-Ing. 1893.

Digitized by Google

in Flachbecken unter den nachstehenden grundsätzlichen Bedingungen genehmigt worden:

1. Um ein ausreichendes Absetzen der suspendierten Stoffe zu erreichen, darf die Durchflussgeschwindigkeit in den Becken nicht mehr als 4 mm in der Sekunde betragen.

2. Sämmtliches abfliessende Wasser muss Siebe passieren, um alle treibenden Körper abzufangen.

3. Um Belästigungen und Gefahren für die umwohnende Bevölkerung zu vermeiden, insbesondere um einer Infizierung des Grundwassers und der Brunnen vorzubeugen, sind für die Lagerung der aus der Anstalt entleerten Schlammmassen hinreichend geräumige, in den Grund- und Seitenflächen wasserdichte Lagerstellen einzurichten und in denselben alle Schlammmassen zu desinfizieren.

Dem Erlass entsprechend wurde im Juni 1895 ein ausführlich begründetes Projekt vorgelegt, welches eine Beckenanlage vorsieht. Den Forderungen unter 2 und 3 des Erlasses war dabei nachgekommen, bezüglich des Punktes 1 aber eine Geschwindigkeit von mindestens 15 mm in Vorschlag gebracht und dies mit Rücksicht auf die für Cöln ausserordentlich günstigen Vorflutverhältnisse begründet. Es wurde dabei ausgeführt, dass bei einer Vergrösserung der Anlage um beinahe das 4fache, also bei einer Durchflussgeschwindigkeit von etwa 4 mm vielleicht noch wenige Prozente der allerfeinst zerteilten Schmutzstoffe mehr niedergeschlagen würden, als bei dem vorliegenden Projekte (15 mm), dass aber dieser geringe, für den Rheinstrom belanglose Erfolg durch die ganz unverhältnismässig erhöhten Bau- und Betriebskosten nicht gerechtfertigt erscheine. Auch habe das Abfangen der am meisten zerteilten Schmutzstoffe zudem für den Reinigungsprozess die geringste Bedeutung, weil diese Stoffe in ihrer so ausserordentlich feinen Verteilung sehr leicht zur Umsetzung geneigt seien und mineralisierten, während dieses bei den gröberen Stoffen viel schwerer falle. Ein fernerer Nachteil, welcher durch Annahme einer allzugeringen Geschwindigkeit eintrete, sei aber zweifelsohne der grosse Wassergehalt, die grosse Dünnflüssigkeit des gewonnenen Schlammes. Dieselbe würde dadurch herbeigeführt, dass sich nunmehr ein Quantum ganz feiner Stoffe ausscheide und dass ferner durch eine Vermehrung der Klärbecken, bezw. Vergrösserung der Niederschlagsfläche derselben, sich das nur um wenige Prozente vermehrte Schlammquantum auf eine viel grössere Bodenfläche verteile, daher in viel dünnerer Schicht ablagere, welche sich

Digitized by Google

nicht ineinandersetze und festige, sondern nur ein loses, leicht bewegliches Gefüge habe und sich dadurch schwieriger von dem darüber stehenden Wasser trennen lasse. Selbstverständlich würde man auch bei länger andauerndem Betriebe eines Beckens selbst bei sehr geringer Geschwindigkeit eine höhere und dichtere Schlammschicht erhalten können; allein es habe dies wieder seine engen Grenzen, weil der Schlamm bei der Länge der Zeit alsdann in dem Becken in stinkende Fäulnis übergehe und dabei Schlammkuchen an die Oberfläche treibe, welche das Ablaufwasser von neuem verunreinigten und den Gehalt desselben an gelösten Stoffen vermehren. Es müsse daher erreicht werden, dass bei kurzer Reinigungszeit der Becken eine Schlammschicht von ausreichender Höhe und Dichtigkeit gebildet würde, welche sich leicht vom Wasser trennen lasse. Durch eine zu grosse Dünnflüssigkeit des Schlammes würde, wie weiter ausgeführt wurde, ferner der Transport desselben erschwert und verteuert. Derselbe müsse daher vorher drainiert und getrocknet werden, was um so schwieriger sei und um so längere Zeit erfordere, je mehr Wasser derselbe enthalte, d. h. je geringer die Geschwindigkeit in den Klärbecken sei. Hiermit in gleichem Verhältnis würden auch die Abmessungen der nötigen Schlammlagerplätze und damit die Bedenken wachsen, welche vom Standpunkt der Gesundheit und Reinlichkeit unbedingt gegen dieselben erhoben werden müssten. Alle diese Nachteile würden aber herbeigeführt werden durch die bis jetzt noch nicht ausreichend wissenschaftlich festgestellte Ansicht, dass durch eine namhafte Verminderung der Geschwindigkeit in den Klärbecken unter 15 mm pro Sekunde eine wesentlich grössere Schlammausscheidung aus dem Kanalwasser stattfindet und dass diese letztere erforderlich ist, um die Bedenken gegen die Einleitung der Kanalwässer der Stadt Cöln in den Rhein zu zerstreuen.

Wie hier bemerkt werden mag, sind die vorstehend geäusserten Bedenken der Stadt Cöln durch die inzwischen vorgenommenen wissenschaftlichen Untersuchungen in vollem Umfange bestätigt worden.

Bei der damals noch herrschenden Unsicherheit über die vorstehend berührten Verhältnisse machte die Stadtverwaltung in einem weiteren ausführlichen Berichte im Juli 1896 der Kgl. Regierung den Vorschlag, nochmals einen namhaften Hygieniker in diesen Fragen zu hören, und wurde als solcher Herr Prof. Dr. Carl Fraenkel-Halle benannt. Derselbe hat alsdann nach Kenntnisnahme der Vorgänge und Einsichtnahme der örtlichen Verhältnisse unterm 28. Dezember 1896

Digitized by Google

ein Gutachten[1]) erstattet. Dasselbe schliesst sich im Grossen und Ganzen den vorstehend mitgeteilten Anschauungen der Stadt Cöln an und schlägt bei dem Mangel an genauen wissenschaftlichen Untersuchungen bezüglich des Reinigungseffektes bei mechanischer Klärung, insbesondere auch mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit der Schwemmjauche in den einzelnen Städten, welche keine direkten Vergleiche gestatte, vor, „dass in Cöln mit der Schwemmjauche sorgfältige Versuche angestellt werden, welche zu ermitteln haben, wie sich diese Jauche unter dem Einfluss verschiedener Strömungsgeschwindigkeiten in ihrer Beschaffenheit verändert und namentlich ihrer suspendierten Bestandteile entledigt. Zu diesem Zwecke soll ein Probebecken angelegt werden, welches später bei der definitiven Anlage beibehalten werden kann. Von dem Ausfall der vorzunehmenden Prüfungen wird es alsdann abhängen, welche Durchflussgeschwindigkeit man der Cölner Schwemmjauche auferlegt bezw. welche Grösse man den Sedimentierbecken gibt.“ Prof. Fraenkel ist der Ansicht, „dass auf alle Fälle mehr als die Hälfte der suspendierten Stoffe zu entfernen ist“.

Die Stadtverwaltung hat sich mit diesem Vorschlage einverstanden erklärt, und durch Erlass vom 25. Februar 1897 ist vorbehaltlich näherer Prüfung und Kontrolle die Genehmigung des Staatsministeriums erteilt worden. Da die Aufstellung des Projektes und die Fertigstellung der Probekläranlage immerhin längere Zeit erforderte, so wurden auf Anraten des Herrn Prof. Fraenkel einstweilen Voruntersuchungen bezüglich der Beschaffenheit der Cölner Schwemmjauche angestellt und im Hauptsammelkanal in der Amsterdamer Strasse ein selbstregistrierender Apparat von Seibt-Fuess zu Berlin zur Ermittelung der Schwankungen und der Quantitäten des abfliessenden Kanalwassers in den einzelnen Tagesstunden p. p. angebracht. Es wird später auf die erzielten Ergebnisse zurückgekommen werden.

II. Beschreibung der Probekläranlage nebst Siebanlage bei Cöln-Niehl.

(Plan 1 bis 4.)

Nachdem sodann das Projekt für die Probekläranlage fertiggestellt und die Genehmigung der Behörden erhalten hatte, wurde

1) Gutachten des Prof. Dr. Fraenkel-Halle über die Klärung der Kanalwässer der Stadt Cöln. Centralbl. f. allg. Ges.-Pflege. Bonn 1897.

Digitized by Google

mit dem Bau begonnen und die Arbeit bis zum Sommer 1900 fertiggestellt.

Die Anlage ist auf den Plänen No. 1 bis 4 veranschaulicht und dazu folgendes zu bemerken:

Der Hauptsammler der Stadt Cöln Eiprofil 2,90/2,90 m kommt mit einem Sohlengefälle von 1 : 3000 längs der Amsterdamer Strasse an dem von der Stadt zu diesem Zwecke erworbenen Kläranlagegrundstück, ca. 700 m oberhalb des Ortes Niehl, an (Plan 1 und 2). Beim Eintritt in das Grundstück befindet sich unter der Amsterdamer Strasse ein grosses umfangreiches Bauwerk, weil daselbst später, nach weiterem Ausbau des Geländes, ein zweiter Sammler einmünden soll. In diesem Bauwerk befindet sich ein Sandfang zum Abfangen der groben Sinkstoffe, als Sand, Koks etc., sowie Siebvorrichtungen zur Beseitigung der Schwimm- und Schwebestoffe. Diese Anlagen sind schon mehrere Jahre vor Errichtung des Probebeckens angelegt worden. Der Sandfang ist 3,40 m lang, 1,90 m breit und 2,00 m tief. Die Schwimmstoffe und ein Teil der flachschwimmenden Schwebestoffe werden durch ein nur 12 bis 18 cm unter die Oberfläche eintauchendes Sieb zurückgehalten, während die schwebenden Stoffe unter demselben hindurchgehen und vor ein Sieb gelangen, welches den ganzen Querschnitt des Abflusskanals einnimmt. „Die Entfernung der senkrecht angebrachten Gitterstäbe beider Siebe beträgt 7 mm.“ Die vor dem ersten Sieb sich ansammelnden Schwimmstoffe werden durch ein Baggerrad mit durchlochten Schaufelkästen abgeschöpft. Die Durchlochungen haben 6 und 8 mm Weite und fliesst durch dieselben das Wasser ab, welches den abgeschöpften Schmutzstoffen anhängt. Die abgesiebten Stoffe fallen am Baggerkopf in eine Schuttrinne, unter welcher ein eiserner Kasten steht, welcher nach Bedarf entleert wird. Das Schaufelrad wird durch ein Wasserrad, welches durch die Kraft des zu diesem Zwecke künstlich aufgestauten Kanalwassers betrieben wird, selbsttätig in Bewegung gesetzt.

Die sich vor dem zweiten Gitter ansammelnden Schwebestoffe, zumeist Papier und Lumpen, werden im Handbetriebe fortlaufend mit eisernen Rechen abgekratzt und in Kübel gebracht.

Die Kübel werden durch einen im Gewölbescheitel befindlichen Schacht in die Höhe gezogen, in Wagen gebracht und entfernt. Der Sandfang wird vermittelst Baggerschaufeln zeitweise von Sand gereinigt.

Digitized by Google

Es wird beabsichtigt, die vorbeschriebene Siebanlage demnächst aufzugeben und durch eine neue, den heutigen Anforderungen entsprechende zu ersetzen, wobei alle Verrichtungen maschinell geleistet und Handbetrieb vermieden wird. Auch wird praktisch ein engerer Stababstand der Siebe gewählt werden müssen. Man hat vorerst von einer Neuanlage abgesehen, weil man im Probebetriebe erst feststellen wollte, in welchen Mengen diese Stoffe auftreten, welches Verhalten dieselben zeigen und wie sich der ganze Betrieb überhaupt gestalten wird. Um sich die Ausführung neuer Siebeinrichtungen und dergleichen bis nach Erhalt definitiver Resultate freizuhalten, ist der Zuleitungskanal zu dem Probebecken seitlich der definitiven Rinne gelegt worden, sodass also letztere sowie die sonst erforderlichen Einrichtungen s. Z. ohne Betriebsstörung ausgeführt werden können. Das in Sandfang und Siebanlage vorgereinigte Wasser wird sodann durch den Sammler bis zu dem Abzweigebauwerk 2 (Plan 2) geführt, in welchem rechtwinklig die Rinne 3 abzweigt, welche die Kanalwässer bis zur $2^1/_2$fachen Verdünnung nach dem Klärbecken führen soll, während geradeaus sich der Sammler als Flutkanal 4 fortsetzt, welcher bei grösseren Regenfällen das überschüssige Wasser aufnimmt und durch den Hauptauslass nach dem Rhein ableitet. Das Abzweigungsbauwerk ist darauf eingerichtet, den Wasserzufluss nach dem Klärbecken, in welchem die bei verschiedener Durchflussgeschwindigkeit sich ergebenden Resultate festgestellt werden sollen, zu regulieren. Zu diesem Zweck ist in das Bauwerk ein bewegliches Trennungstor 5 eingesetzt, welches je nach seiner Stellung ein grösseres oder kleineres Kanalwasserquantum in die Zuleitungsrinne 3 eintreten lässt, während der Ueberschuss durch den Flutkanal 4 abfliesst. Durch Stellung des Trennungstores ist es möglich, dem Becken eine ganz bestimmte Wasserquantität, welche zur Erzeugung der gewünschten Durchflussgeschwindigkeit rechnungsmässig nötig ist, zuzuführen. Die Zuleitungsrinne ist vorläufig provisorisch als offenes gemauertes Gerinne mit regelmässigem rechteckigen Querschnitt mit leicht gewölbter Sohle angelegt. Wie bereits bemerkt, wird auf Grund der angestellten Versuche beabsichtigt, an Stelle dieses Provisoriums später eine definitive Zuleitungsrinne mit einer neuen verbesserten Siebanlage herzustellen.

Das Kläranlagegrundstück (Plan 1 und 2) liegt vollständig hochwasserfrei auf durchschnittlich + 9,50 m C. P. Der Wasserspiegel

Digitized by Google

im Becken liegt auf ca. 4,06 m, also etwa 9,50 — 4,06 = 5,44 unter dem Gelände. Da das Becken offen angelegt werden sollte, so war erforderlich, die für die eigentliche Kläranlage notwendige Fläche auf ein gewisses Planum abzutragen und in dieses das Probebecken einzuschneiden. Das Beckenplanum nebst umgebenden Strassen ist auf durchschnittlich + 6,00 m angelegt worden. Das obere Planum bezw. die obere Strasse ist mit dem Tiefplanum durch eine an der Boltenstrasse beginnende Rampe verbunden. Das Planum nebst Becken kann bei grossem Hochwasser durch im Einlauf- und im Ablaufbauwerk angebrachte Schieber abgesperrt und gegen Hochflut gesichert werden.

Zur besseren Erzielung einer guten Verteilung des Wassers der Zuleitungsrinne 3 auf die Einlaufgallerie 4 ist die Rinne bei Schacht 5 zu einem Doppelkanal 6 erweitert (Plan 2, 3 und 4).

Durch diesen tritt das Kanalwasser in die Gallerie, welche sich nach dem Klärbecken hin durch zwei breite, nur durch einen Pfeiler getrennte Einläufe 7 öffnet, welche nicht, wie sonst öfter gebräuchlich, als Ueberfallwehre ausgebildet sind, sondern deren Sohle glatt nach dem Becken durchgeht und nach der Tiefe zu etwas abfällt. Es soll durch diese Ausbildung erreicht werden, dass sich das eintretende Wasser möglichst rasch und ohne Wirbel auf den ganzen Beckenquerschnitt verteilt und eine Verschlammung der Einlaufgallerie, welche einen unregelmässigen Wasserzufluss hervorbringt und bei Wehranlagen eintritt, verhindert wird. Das durch den vorstehend erwähnten Mauerpfeiler gebotene Stromhindernis ist durch entsprechende Formgebung desselben noch nach Möglichkeit behoben worden. Zwischen Gallerie und Klärbecken sind Schützen 8 (Plan 3) angebracht, welche zur Absperrung und Ausserbetriebsetzung des Beckens dienen. Das Klärbecken besteht aus dem tiefen zweiteiligen Schlamm- oder Pumpensumpf 9 und dem eigentlichen flacheren Klärbecken 10 (Plan 2, 3 und 4), dessen Sohle nach dem Ablauf hin ansteigt. Die Anordnung des tiefen Schlammsumpfes zu Anfang des Beckens und die gegen den Strom ansteigende Beckensohle wird nach den Versuchsergebnissen als wirkungsvolle Eigentümlichkeit der hiesigen Anlage angesehen. Der zweiteilige Schlammsumpf 9 hat eine Tiefe von 1,67 m und steile Wandungen, welche ein Nachrutschen und Sacken des Schlammes begünstigen. Die Sohle des Sumpfes liegt auf + 0,00 m, die Beckensohle am Sumpf auf + 1,67 m und am Ablauf auf +

2,50 m. Die Länge des Beckens einschliesslich Schlammsumpf beträgt rund 45,00 m, das Sohlengefälle des Beckens nach der Längsrichtung rund 1 : 50, das beiderseitige Quergefälle 1 : 18.

Zwischen dem Pumpensumpf und dem Becken sind hölzerne Stromregulierungsschützen 11 (Plan 3) eingebaut, welche dazu dienen, durch Drosselung des Zustromes die Stosswirkung des eintretenden Wassers zu brechen und eine gleichmässige Verteilung und Geschwindigkeit desselben über den ganzen Abflussquerschnitt zu erzielen. Unter Zuhilfenahme von geeigneten Schwimmern von verschiedener Einsenktiefe ist durch längere Versuche die günstigste Stellung derselben ausprobiert worden. Nach den angestellten Klärversuchen dürfte der Klärerfolg durch die Vorrichtung um etwa 3 % vermehrt werden. Das beim Durchströmen des Beckens sich klärende Wasser fliesst am unteren Ende desselben (Plan 3) über ein Wehr, welches durch einen besonderen Mechanismus von oben aus leicht bewegt werden kann, in die Ablaufgallerie 13 und sodann durch ein kurzes Kanalstück 14 in den Hauptsammler nach dem Rhein.

Etwa 1,50 m vor dem Ueberlaufwehr ist im Becken noch ein Schwimmbaum eingelegt, welcher bewirken soll, dass die bei längerem Klärbetriebe etwa aufsteigenden Schlammkuchen festgehalten werden und nicht in den Ablauf gelangen können. Die Reinigung des Beckens erfolgt in der Weise, dass zuerst das Wasser über dem Schlamm beseitigt wird. Nach Abstellung des Zulaufs zu dem Becken bleibt dasselbe 1 Stunde in Ruhe, damit sich das über dem Schlamm stehende Wasser klärt und Wasser und Schlamm sich möglichst trennen. Sodann lässt man allmählich das Klappenwehr bis zum Wasserspiegel der Ablaufgallerie, etwa bis zu + 3,22 m herunter. Fliesst kein Wasser mehr über dasselbe ab, so wird ein selbsttätiger eigenartig konstruierter Schwimmer 15 (Plan 4), welcher im Pumpensumpf 9 angebracht und für gewöhnlich in die Höhe gezogen ist, heruntergelassen. Das in denselben eintretende Wasser wird von einer Saug- und Druckpumpe 16, welche in dem Betriebsgebäude untergebracht ist, vermittelst einer 17,5 cm weiten Saug- und Druckleitung 17 in den Tonrohrkanal 18 gepumpt, welcher dasselbe wieder dem Sammler zuführt. Nach Abpumpen des Wassers wird der in dem Pumpensumpf 9 abgelagerte Schlamm durch die Saug- und Druckleitung, nach Drehen eines Umstellhahnes, von der Pumpe nach den Schlammlagern 19 gedrückt und gleichzeitig der Schlamm im Klärbecken fortlaufend durch Arbeiter nach dem Pumpensumpf vorge-

Digitized by Google

trieben. Zum Betriebe der Anlage dient ein 12pferdiger Deutzer Gasmotor 20. Die für den zeitigen Betrieb erforderliche Kraft beträgt 7 bis 8 P.S., sodass etwa 4 bis 5 P.S. für Erweiterung der Betriebseinrichtungen, insbesondere für Anlage einer maschinell betriebenen Siebanlage verfügbar bleiben. Der Motor steht in einem Maschinenhaus, welches ausserdem eine Reparaturwerkstätte 21, Aufenthaltsräume für die Arbeiter 22, ein Brausebad 23 und auf der 1. Etage Dienstzimmer und Laboratorium enthält. Zur Ueberwachung des Eingangs zum Kläranlagegrundstück ist eine kleine Pförtnerwohnung errichtet worden.

III. Der Hauptauslass der Cölner Kanalisation[1].

(Plan 5.)

Nach Passieren der Kläranlage werden die Kanalwässer dem Hauptauslasskanal, welcher östlich durch die Wiesenniederung nach dem Rhein hinzieht, zugeführt. Die Ausmündung liegt etwa 4 km flussabwärts der neuen Stadtumwallung (Plan 1) und ist derart angelegt, dass die Kanalwässer möglichst weit und tief in die Strömung des Rheins geführt werden, sodass eine rasche Verteilung derselben im Strom und damit auch eine rasche Oxydierung und Mineralisierung derselben gesichert ist. Die ebene Wiesenniederung wird nach dem Rhein zu durch ein steiles Ufer abgeschlossen, welchem ein flaches Vorland vorlagert. Das Rheinbett hat hier mehr als normale Breite, und es sind daher ober- und unterhalb der Ausmündung, im Interesse der Schiffahrt und zur Verhinderung des Uferabbruches, auf eine längere Stromstrecke eine Anzahl senkrechter Steinbuhnen angelegt worden, welche weit in das Flussbett hineingehen und vor deren Köpfen eine sehr starke Strömung des Flusses vorhanden ist. Die Buhnen gehen etwa 110 m und deren Grundschwelle noch weitere 35 m in den Strom hinein. Die Grundschwelle liegt unter Niedrigwasser, und die gesamten Buhnen werden bei Mittelwasser des Rheins überschwemmt. Die Ausmündung ist nun derart angelegt, dass der gemauerte Hauptkanal bis zum steilen Ufer geführt und in einem mit Flügelmauern versehenen Auslassbauwerk endet. Innerhalb dieses Bauwerks befindet sich ein trichterförmiger Absturz, an welchen ein

1) Steuernagel, Die Ausmündung der Cölner Kanalisation in den Rhein. Deutsche Bauzeitung 1893.

1,20 m weites Eisenrohr anschliesst, welches durch das niedere Vorland hindurch in stromabwärts geneigter Richtung bis zur Vorderkante der Buhnenschwellen in den Rheinstrom hinein verlegt ist. Das Rohr hat eine Länge von 180 m; die Ausmündung desselben liegt bei Niederwasser noch in 35 m und bei Mittelwasser in 145 m senkrechtem Abstande von dem Ufer in die Strömung des Rheins hinein. Die Rohrsohle liegt auf 1,70 m C.P., also etwa 3,20 m unter Niederwasser (+ 1,50 m) und rund 4,60 m unter Mittelwasser (+ 2,87 m). Da der Rhein nach den statistischen Beobachtungen durchschnittlich alljährlich nur etwa 29 Tage unter Niederwasser fällt und Mittelwasser etwa an 150 Tagen eintritt, so sieht man, dass eine sehr gute und schnelle Verteilung der Kanalwässer im Rheinstrom vollständig gesichert erscheint und Uferanlandungen durch Sinkstoffe ausgeschlossen sind. Bei normalen Wasserständen und kleineren Regenfällen wird alles Schmutzwasser ohne weiteres durch das Eisenrohr abgeführt; damit dieses aber auch bei grösseren Regenfällen noch der Fall ist, hat man die Anordnung getroffen, dass die Ausmündung des frei am Ufer ausmündenden gemauerten Kanals durch eine schwer bewegliche Pendelklappe dicht geschlossen ist. Dieselbe öffnet sich nur bei grossem Ueberdruck im Kanal. Bei mittleren Regenfällen bildet sich durch den Klappenverschluss im Kanal ein Aufstau, sodass alles Wasser mit grosser Geschwindigkeit durch das Eisenrohr in den Rhein hinein gepresst wird. Erst bei ganz hohem, durch grosse Regenfälle erzeugtem Ueberdruck wird die Klappe geöffnet. Es tritt aber alsdann auch nur derjenige Teil des Kanalwassers am Ufer aus, welcher durch das Eisenrohr keinen Abfluss findet. Es bietet diese Einrichtung also den grossen Vorteil, dass selbst bei grossen Regenfällen fast das gesamte Kanalwasser bis weit in den Rhein hineingelangt und dass sich das Eisenrohr durch die in demselben zeitweise auftretenden sehr grossen Wassergeschwindigkeiten vollkommen rein erhält und die Ausmündungsstelle stets frei gespült wird. Der Auslass wurde im Jahre 1893 ausgeführt und hat sich vorzüglich bewährt. Bei den häufigen dortselbst vorgenommenen Baggerungen im Rheinstrom konnten keinerlei Schmutzablagerungen unterhalb des Auslasses festgestellt werden, obschon die Kanalwässer früher ohne jegliche Reinigung dem Flusse überwiesen worden sind. Auch das Ufer hält sich sauber, und es konnte ein vereinzeltes Antreiben von Schlammkörpern nur bei starkem Ostwind beobachtet werden. Da letzterer indes selten auftritt, auch die Schwimmkörper nunmehr

Digitized by Google

in der Kläranlage abgefangen werden, so ist auch dieser belanglose Umstand jetzt ohne jegliches Bedenken.

IV. Die auf der Kläranlage vorgenommenen Untersuchungen.

Nach Fertigstellung der Probekläranlage ist sofort mit den Voruntersuchungen bezüglich der Menge und Schwankungen des Kanalwassers, der Handhabung des Trenntores an der Einlaufrinne, dem Einsetzen der Stromregulierungsschützen, dem Messen der Geschwindigkeit in der Zulaufrinne und dem Klärbecken, den chemischen Untersuchungen des Kanalwassers und des Kanalschlammes und aller sonstigen einschlägigen Verhältnisse begonnen worden, damit für die eigentlichen wissenschaftlichen Untersuchungen zuvor ein sicherer Boden gewonnen wurde und dieselben ohne Störung planmässig durchgeführt werden konnten. Die Untersuchungen liessen sich nicht scharf auf die Frage beschränken, welcher Reinigungseffekt bei dem Cölner Kanalwasser bei verschiedener Durchflussgeschwindigkeit in dem Klärbecken erzielt wird, sondern es musste zur Lösung derselben allgemein die Frage der mechanischen Klärung in Flachbecken näher geprüft und auch die Beschaffenheit des gewonnenen Klärschlammes in den Bereich der Untersuchungen gezogen werden. Die nachstehend mitgeteilten Ergebnisse dürften daher von allgemeinem Interesse sein. Unter der Oberleitung des Verfassers dieser Abhandlung sind die technisch-mechanischen Untersuchungen von Herrn Ingenieur Schaefer, Tiefbauamt Cöln, vorgenommen worden. Die chemischen Vorarbeiten sind zuerst durch Dr. Mellin, Gaswerke Cöln, die Hauptuntersuchungen sodann aber sämtlich von Dr. Grosse-Bohle, Tiefbauamt Cöln, und die bakteriologischen Arbeiten durch Direktor Dr. Czaplewski zu Cöln, der grösste Teil derselben aber ebenfalls durch Dr. Grosse-Bohle ausgeführt worden. Ich verfehle nicht, hier sämtlichen Herren für ihre treue Mitarbeiterschaft nochmals meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

a) Die abzuführenden Kanalwassermengen.
(Plan 6 und 7.)

Die Brauchwassermengen, welche der Hauptsammler in der Amsterdamer Strasse führt und welche der projektierten definitiven Kläranlage zugeführt werden sollen, werden durch einen im Kanal kurz vor dem Kläranlagegrundstück eingebauten selbstregistrierenden

Apparat von Seibt-Fuess zu Berlin aufgezeichnet. Die jedem Wasserstand entsprechenden Wassermengen sind durch zahlreiche Geschwindigkeitsmessungen und Kontrollversuche genau ermittelt worden. Nach den einzelnen Tagesergebnissen ist der anliegende Plan 6 für das Jahr 1891 aufgetragen worden. Die Abszissen in demselben zeigen die einzelnen Tage des Jahres, die dazu gehörigen Ordinaten die an denselben abgeflossenen Kanalwassermengen in Kubikmetern an. Die Sonn- und Wochentage sind als weisse Flächen, die Tage, an welchen Regen- oder Schneeniederschläge erfolgten, durch schraffierte Flächen in dem Plane kenntlich gemacht. Die Zeiten, an welchen der Apparat wegen Hochwasserrückstau des Rheines oder Kanalreinigung nicht sicher oder garnicht funktionieren konnte, fallen in der Zusammenstellung aus. Aus dem Plan sind in erster Linie ersichtlich die Schwankungen der Abflussmenge bezüglich der einzelnen Wochentage, sowie während der einzelnen Jahreszeiten. Sodann sind die grössten sowie die kleinsten Tages-Abflussmengen in den einzelnen Monaten des Jahres 1901 aus nachfolgender Zusammenstellung ersichtlich:

Monat	Grösste Abflussmenge cbm	Kleinste Abflussmenge cbm	Differenz
Januar	59 800	39 700	20 100
Februar	59 800	43 000	16 800
März	63 000	45 400	17 600
April	62 600	**34 560**	28 040
Mai	62 500	38 300	24 200
Juni	69 000	45 500	23 500
Juli	71 000	42 000	29 000
August	**71 460**	42 600	28 860
September	59 000	42 400	16 600
Oktober	63 300	42 000	21 300
November	67 000	45 400	21 600
Dezember	67 000	46 300	20 700

Man sieht, dass die Schwankungen der täglichen Abflussmenge innerhalb der einzelnen Monate ausserordentlich verschieden sind und bis zu 40 % betragen. Die täglichen Abflussmengen sind an Sonntagen etwa $^1/_4$ bis $^1/_5$ geringer als wie an Wochentagen.

Der „geringste Tagesabfluss“ ergab sich am 8. April mit 34 560 cbm oder rund 400 l pro Sekunde und der höchste am 10. August mit 71 460 cbm oder 827 l pro Sekunde; letzterer beträgt daher mehr als das Doppelte des ersteren. Plan 7 zeigt die

Digitized by Google

graphische Darstellung der Abflusskurve an diesen Tagen sowie ferner die Kurve des „mittleren“ Tagesabflusses für das Jahr 1901. Das mittlere Tageswasserquantum berechnet sich demnach zu rund 55000 cbm oder durchschnittlich zu 637 l pro Sekunde. Es ergibt dieses pro Kopf und Tag der an die Kanalisation angeschlossenen Bevölkerung von 348 600 Personen $\frac{55000}{348600} = 0{,}16$ cbm oder 160 l pro Kopf und Tag. Es ist dieses ein sehr hohes Quantum. Es entfallen davon überschläglich 114 l auf das der städtischen Wasserleitung entnommene Wasser und der Rest von 46 l auf Privatbrunnen für industrielle Zwecke und den Gleneler- (4000 cbm pro Tag) und Frechener Bach (4000 cbm pro Tag), deren normaler Ablauf örtlicher Verhältnisse halber gezwungenermassen in die Kanalisation aufgenommen werden musste.

Den Unterschied der Abflussmengen nach den vier Jahreszeiten zeigt gleichfalls Plan 7. Die Kurven bezeichnen die aus sämtlichen Stundenmengen gemittelten Abflussmengen der dreimonatlichen Jahreszeiten. Der Winterabfluss ist mit Ausnahme der Nachtstunden, in welchen derselbe denjenigen der Sommermonate fast erreicht, am geringsten. Ersteres hängt offenbar damit zusammen, dass im Winter viele Nachtfestlichkeiten stattfinden, auch wird Tauwasser von Schnee und Eis mit in Betracht kommen. Die grössten Schwankungen zeigen sich in den Vormittagsstunden, in denen der sekundliche Sommerabfluss beinahe das $1^1/_2$fache des Winterabflusses erreicht.

Das Durchschnittstagesquantum aus den drei Sommermonaten beträgt 60150 cbm, für den Herbst 56160 cbm, für das Frühjahr 53600 cbm und für den Winter 50400 cbm. Wie die Kurve des durchschnittlichen Tagesabflusses für das Jahr 1901 Plan 7 zeigt, ist das Quantum am geringsten in den Morgenstunden zwischen 4 und 6 Uhr und berechnet sich zu 390 Sekundenlitern. Das Maximum tritt zwischen 11 und 12 Uhr Mittags mit 920 Sekundenlitern ein, beträgt also ungefähr das 2,4fache des ersteren. Es mag hierzu bemerkt werden, dass die Beobachtungsstelle an der Kläranlage mehrere Kilometer unterhalb des Entwässerungszentrums liegt und das Kanalwasser von da ab etwa 2 Stunden braucht, um diesen Weg zurückzulegen. Obige Stundenangaben würden hiernach dem jeweiligen Zwecke entsprechend eventuell zu berichtigen sein.

Digitized by Google

b) Die Bestimmung und Regulierung der dem Klärbecken bei verschiedener Durchflussgeschwindigkeit zuzuführenden Wassermengen.

Nach dem aufgestellten Programm über die Klärversuche sollte mit einer Durchflussgeschwindigkeit von 4 mm pro Sekunde begonnen und diese alsdann auf 10 bis 15 und 20 mm vergrössert werden. Da aber, wie sich zeigte, bei 4 mm sehr günstige Resultate erzielt wurden, so hat man die 10 und 15 mm-Versuche ganz unterlassen und ist direkt zu den 20 mm und 40 mm-Versuchen und zu solchen mit noch höherer Geschwindigkeit übergegangen. Da der mittlere Klärbeckenquerschnitt bei einer Beckenbreite von 8 m und einer mittleren Beckentiefe von 2 m = 16 qm beträgt, so würde eine Geschwindigkeit von 4 mm pro Sekunde ein Zuflussquantum von 16 · 0,004 = 0,064 cbm oder 64 l, eine solche von 20 mm ein Zuflussquantum von 16 · 0,02 = 0,32 cbm oder 320 l und eine solche von 40 mm ein Quantum von 16 · 0,04 = 0,64 cbm oder 640 l erfordern. Um aber die bei den Klärversuchen durch die Schlammniederschläge eintretende geringe Verengung des mittleren Beckenquerschnitts zu berücksichtigen, sind vorsichtigerweise vorstehend berechnete Zahlen auf 60, 300 und 600 l pro Sekunde ermässigt worden. Sehr wichtig für diese Geschwindigkeitsversuche war es nun, Massregeln zu treffen, dass der dauernde Zufluss der berechneten Kanalwassermenge unbedingt gesichert war. Da nur ein Teil des Kanalwassers des Sammlers in die Zuleitungsrinne geführt wird und der Wasserstand im Kanal tagsüber sehr wechselt, so war dieses nicht so leicht zu erreichen und erforderte zahlreiche Voruntersuchungen. Wie bereits vorstehend bemerkt, wird der Zufluss durch ein im Sammler befindliches Trennungstor, welches von Hand bedient wird, geregelt. Das Zulaufquantum wird durch Messung der Geschwindigkeit und des Abflussquerschnitts der offenen, etwa 60 m langen Rinne bestimmt. Die Geschwindigkeit wird mittels geeigneter Schwimmer gemessen; zur Bestimmung des Abflussquerschnitts ist in der Rinne ein Pegel angebracht, an welchem der Wasserstand abgelesen wird. Eine aufgestellte Tabelle liefert sofort den zu dem betreffenden Wasserstand zugehörigen Abflussquerschnitt. Die Geschwindigkeiten sind während der Versuche alle 20 Minuten gemessen worden und gleichzeitig damit an 3 Stellen der Zuleitungsrinne der Abflussquerschnitt. Letztere Ergebnisse werden sodann gemittelt und liefern mit der Geschwindigkeit multipliziert das Zu-

flussquantum. Ergibt sich aus der Berechnung, dass das erforderliche Quantum nicht eingehalten ist, so wird dasselbe sofort durch Stellung des Trennungstores reguliert und der Zufluss von neuem geprüft. Bei der vorher durch zahlreiche Vorversuche erworbenen Uebung der Bedienungsmannschaften erfolgte eine sichere Handhabung des Trennungstors. Um aber überhaupt alle Irrtümer und Unregelmässigkeiten auszuschliessen, wird die Richtigkeit und Stetigkeit des Zuflusses nochmals am Abfluss des Beckens gemessen, und zwar erfolgen, um Beobachtungsfehler auszugleichen, letztere Feststellungen nach einem anderen Verfahren. Es ist nämlich im Abflussbauwerk ein Poncelet-sches Ueberfallwehr eingebaut worden, welches den Ablauf selbsttätig registriert; durch zahlreiche Vergleiche des Zu- und Ablaufquantums ist die Berechnung nach beiden Methoden in Einklang gebracht worden und die Messungen damit vollständig geregelt. Die Ergebnisse sind daher nicht anfechtbar und eingetretene Fehler müssen bei dieser Kontrolle sofort zum Vorschein kommen.

Die beigeheftete Tabelle C_4 gibt die sämtlichen Aufzeichnungen des Klärversuchs No. IX, welche bezüglich der Zuflussmenge etc. gemacht worden sind, und es ist daraus der Gang des gesamten Beobachtungsverfahrens ersichtlich.

c) Feststellung der Menge der gröberen Sinkstoffe, der Schwebe- und Schwimmstoffe im Kanalwasser.

(Plan 8 und 9.)

Wie bereits vorstehend bei Beschreibung der Kläranlage erwähnt, werden in der Kanalkammer in der Amsterdamerstrasse die Kanalwässer einer Vorreinigung unterzogen.

Da bei Bemessung des Kläreffektes der Probeanlage auch die Beseitigung der vorgenannten Stoffe in Rechnung kommt, so ist durch längere Messungen und Untersuchungen die Menge und Natur derselben festgestellt worden. Plan 8 zeigt eine graphische Darstellung des erhaltenen Ergebnisses für die einzelnen Tagesstunden unter gleichzeitiger Mitteilung der betreffenden Kanalwassermengen. Die Darstellung gibt das Mittel aus einer „grösseren" Anzahl von Einzeluntersuchungen. Es entfallen demnach auf die festen Stoffe 623 l oder 13 %, auf die Schwebestoffe 3320 l oder 69 % und auf die Schwimmstoffe 867 l oder 18 % der Gesamtmenge von 4810 l. Da die tägliche durchschnittliche Kanalwassermenge 55000 cbm beträgt, so ent-

fallen bei der hiesigen Siebanlage, welche 7 mm Stababstand hat, auf 1 cbm Kanalwasser rund $^1/_{11}$ bis $^1/_{12}$ l an festen schwebenden und Schwimmstoffen mittlerer Grösse. Die graphische Darstellung zeigt, dass die Verunreinigungen mit der Kanalwassermenge ziemlich parallel gehen. Plan 9 zeigt in graphischer Darstellung die Natur der festen, Schwebe- und Schwimmstoffe als Mittel einer „kleineren“ Anzahl von Untersuchungen. Es betragen danach die festen Stoffe pro Tag 591 l, die Schwebestoffe 3301 l und die Schwimmstoffe 840 l, zusammen also 4732 l. Es entfallen von den festen Stoffen 260 l auf Sand, Asche und Kaffeegrund, 158 l auf Steine und Fruchtkerne, 70 l auf Knochen, Holz etc., 40 l auf schwere Lumpen, 28 l auf Obst, Küchenabfälle etc., 26 l auf Wolle, Haar, Watte etc. und 9 l auf Fleischreste und Gedärme. Von den Schwebestoffen kommen 2786 l auf Papier, 210 l auf Lumpen, 150 l auf Wolle, Haar, Watte etc., 143 l auf Obst, Küchenabfälle etc., 12 l auf Fleisch und Gedärme. Die Schwimmstoffe bestehen fast ausschliesslich aus Fäkalien.

Die Verunreinigungsmenge an diesen Stoffen ist an Sonntagen am kleinsten, am Samstag am grössten und durchschnittlich Mittwochs und Donnerstags etwas geringer als am Montag, Dienstag und Freitag.

d) Temperaturmessungen des Kanalwassers im Klärbecken.

Um den Einfluss der Temperatur des Kanalwassers auf den Betrieb der Anlage und die gärungsfähigen Stoffe im Kanalwasser kennen zu lernen, sind seit dem 15. Dezember 1901 gleichzeitig mit den übrigen Klärversuchen regelmässige Temperaturmessungen vorgenommen worden. Dieselben erstreckten sich auf die Zeit von 9 Uhr morgens bis 6 Uhr abends und zwar auf die Temperatur der Luft, des einlaufenden Kanalwassers und des Wassers im Klärbecken von seinem Einlauf bis zum Ablauf sowie auf den Wärmegrad in verschiedener Tiefe im Becken. Es wurden hierzu Messungen in je 5 m Abstand auf die ganze Länge des Beckens und gleichzeitig Messungen an der Oberfläche, der Mitte und der Beckensohle vorgenommen. Die Wiedergabe sämtlicher Messungen würde hier zu weit führen. Die niedrigste Temperatur im Becken wurde bei -6^0 R. Lufttemperatur zu 10^0 Wärme und die höchste bei $+29{,}5^0$ Lufttemperatur zu 18^0 R. festgestellt. Die mittlere Temperatur im Becken wird bei normalen Verhältnissen zu 13 bis 14^0 anzunehmen sein. Während des Durchlaufs durch das 45 m lange Klärbecken bei 4 mm

Durchflussgeschwindigkeit (3 Stunden 7 Minuten 30 Sekunden) nimmt die Wasserwärme nur um 0,5 bis 1° ab. Von der Wasseroberfläche aus nach der Beckensohle zu ist die Abnahme noch viel geringer. Eine Erhöhung der Temperatur des einlaufenden Wassers durch die Aussentemperatur ist nicht beobachtet worden. Wie aus Vorstehendem hervorgeht, ist die Wärmeabnahme des Wassers im Becken selbst bei Winterkälte eine verhältnismässig geringe. Es muss denn auch hier festgestellt werden, dass sich für den Betrieb an dem offenen Klärbecken zur Winterzeit keinerlei Störungen oder sonstige Missstände ergeben haben. Die Wärme des eintretenden Kanalwassers beträgt durchschnittlich 13,5° R., sie ist daher eine verhältnismässig hohe und von Einfluss auf die Zersetzung der reichlich organische Bestandteile enthaltenden Schmutzstoffe, bezw. auf die Gärung derselben. Bei den 4tägigen Versuchen mit 4 mm Durchflussgeschwindigkeit traten an heissen Sommertagen Spuren von Gärung vereinzelt schon am Ende des ersten Tages, zumeist allerdings erst am Morgen des zweiten Tages auf. Im Winter war dies überwiegend erst am Anfang des dritten Tages und in einzelnen Fällen am Ende des dritten Tages der Fall. Mit zunehmender Durchflussgeschwindigkeit bezw. rascherer Ablagerung grösserer Schlammmengen und höherer Schlammschicht tritt der Zersetzungsprozess, welcher sich durch Aufsteigen von Gasblasen und später von Schlammkuchen bemerkbar macht, erfahrungsmässig etwas rascher ein. Derselbe beginnt stets kurz nach dem Einlauf und pflanzt sich sodann nach und nach bis zum Ablauf fort. Die aufsteigenden und langsam vorschwimmenden Schlammkuchen lassen nach Abgabe der sie auftreibenden Gasblasen die schweren Teile fallen, während die leichten Stoffe, wie Fett etc. an der Oberfläche bis zum Schwimmbaum hinschwimmen. Die sich absenkenden Schlammteile gehen nach einiger Zeit wieder auf, und ein Teil gelangt so nach und nach unter dem Schwimmbaum hindurch bis in den Ablauf. Von Wichtigkeit ist es daher, dass die Reinigung der Becken regelmässig und in nicht zu langer Zeit erfolgt, damit dieselben nicht allzusehr als Faulbecken wirken. Es empfiehlt sich daher im Sommer möglichst etwa alle 2 bis 4 Tage und im Winter alle 3 bis 5 Tage eine Reinigung der Becken vorzunehmen. Tatsache ist also, wie bereits S. 5 vorbemerkt wurde, dass der in den Klärbecken niedergeschlagene Schlamm in nicht allzulanger Zeit in Zersetzung übergeht, und dadurch das durch das Becken fliessende Wasser an in Lösung gehenden Schmutzstoffen an-

gereichert wird, wie dieses auch die Untersuchungen in Allenstein, Frankfurt a. M. und anderen Orten nachgewiesen haben. Ferner ist festzustellen, dass der in Fäulnis übergehende Schlamm sowohl in den Becken als auf den Lagerplätzen üble Gerüche verbreitet und seine Unterbringung und Unschädlichmachung bei dem hohen Wassergehalt desselben viele Schwierigkeiten, Unannehmlichkeiten und hohe Kosten verursacht. Diesen bedeutenden Schwierigkeiten steht nur der kleine Vorteil gegenüber, dass die allerfeinsten Schwebeteilchen der Abwässer, welche im Flusse am raschesten der Mineralisierung anheimfallen, ausgeschieden werden. Wo vorzügliche Vorflutverhältnisse, wie hier vorhanden sind, kommt man daher mit Recht immer mehr zu der Ansicht, diese feinsten Schmutzteilchen ihrem Schicksal zu überlassen und nur die festen gröberen Schmutzstoffe, insbesondere die Schwimm- und Schwebestoffe auszuscheiden und dieselben so weit wie möglich in unverwässertem Zustande, in welchem sie nicht der fauligen Gährung anheimfallen, durch geeignete Siebanlagen abzufangen. Die vorstehend erwähnten Uebelstände bezüglich des Klärschlammes werden dadurch möglichst eingeschränkt und, wie später im Abschnitt V unter g noch näher erläutert, dennoch eine ausreichende Reinigung erzielt.

e) Beschaffenheit der Cölner Kanalwässer.

Um einen Einblick in den Aufbau und die wechselnde Beschaffenheit der Cölner Kanalwässer zu erhalten, sind durch Herrn Prof. Fraenkel, Halle und von Dr. Grosse-Bohle, Cöln eine Reihe chemischer Untersuchungen vorgenommen worden, deren Resultate in anliegender Tabelle A zusammengestellt worden sind. Die Versuche sind planmässig alle nur an solchen Tagen ausgeführt worden, an denen nennenswerte Niederschläge nicht erfolgten. Die Fraenkelschen Untersuchungen erstreckten sich auf den Zeitraum vom 18. Januar 1898 bis zum 17. November 1899, diejenigen von Dr. Grosse-Bohle (s. Tabelle K) vom 8. Oktober 1901 bis 5. November 1902. Bei den ersteren sind die Schwankungen der Kanalwassermenge während des Tages berücksichtigt, die Zahlen stellen also den „Durchschnitt der Gesamtverunreinigung“ dar. Es wurden dabei unterschieden: die Morgenwässer, die Mittags-, die Abend- und die Nachtwässer mit je 6 Stundendauer. Die Abflussmengen derselben verhielten sich nach den angestellten Messungen des selbstregistrierenden Apparats etwa wie $^{2}/_{3} : 1 : 1 : ^{1}/_{2}$. In diesem Mengenverhältnis wurden

die genommenen Einzelproben zu einer Gesamtprobe vereinigt, mit etwas Schwefelsäure konserviert und nach Halle zur Untersuchung gesandt. Die Untersuchungen von Dr. Grosse-Bohle mussten sich den gleichzeitig stattfindenden Klärversuchen anschliessen und geben die mittlere Zusammensetzung des Cölner Kanalwassers, welches zu den Probeversuchen gebraucht wurde, im Durchschnitt der Tagesstunden an, also ohne Berücksichtigung der wechselnden Abflussmengen im Sammelkanal während der einzelnen Tagesstunden. Bei einer Umrechnung auf die Gesamtverunreinigung erfahren diese Zahlen indessen auch nur unwesentliche Aenderungen. Beide Versuchsreihen zeigen gute Uebereinstimmung; wo sich gröbere Abweichungen zeigen, dürften dieselben auf die seit dem Jahre 1899 erfolgte starke Erweiterung des Kanalnetzes durch das nach dem Trennsystem ausgebaute Tiefsystem und den Abfluss der stark industriellen nördlichen und westlichen Vororte, wodurch die Qualität des Kanalwassers verändert wurde, erklären lassen. Möglicherweise möchten sich auch die in unfiltriertem Zustande konservierten Proben während des Transportes nach Halle schon etwas verändert haben.

In einem von Herrn Prof. Fraenkel unterm 16. Juli 1900 erstatteten zusammenfassenden Bericht über die bei seinen Untersuchungen der Cölner Schwemmjauche erzielten Ergebnisse spricht sich derselbe u. a. wie folgt aus:

„Als das wichtigste Resultat kann jedenfalls die auch in meinen sämtlichen früheren Mitteilungen hervorgehobene Tatsache bezeichnet werden, dass die Schwemmjauche sich bei allen Untersuchungen als verhältnismässig arm an verunreinigenden Stoffen, mit anderen Worten als ein stark verdünntes Schmutzwasser erwiesen hat. In ganz besonderem Masse gilt dieses für die suspendierten Substanzen, die für die geplante mechanische Reinigung ja ausschliesslich in Betracht kommen. Das ergibt sich in anschaulicher Weise, wenn man die Gesamtmenge an suspendierten Stoffen mit denjenigen anderer Städte vergleicht.

Dieselbe beträgt beispielsweise:

in Paris	1515	mg	im Liter
„ Frankfurt . .	1300	mg	„ „
„ London . . .	614	mg	„ „
„ Danzig . . .	600	mg	„ „ .

Ferner hat man nach Prof. König „Verunreinigung der Gewässer“: 16 englische Städte

Digitized by Google

im Mittel . . 446,9 mg im Liter
Berlin . . 1084,5 mg „ „
Breslau . . 404,7 mg „ „
Halle . . . 594,0 mg „ „
Dortmund 429,8 mg „ „

Es wird also die für Cöln ermittelte Zahl von 282 mg bezw. 303,0 mg erheblich übertroffen. In Kassel betrug nach den eingehenden Mitteilungen von Hoepfner und Paulmann (Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. Bd. XIX. S. 15) die durchschnittliche Menge der suspendierten Substanzen in 1 l Sielflüssigkeit

bei anhaltender Trockenheit 17000 mg
„ schwachem Landregen 457 mg
„ starkem „ 212,5 mg
und im Durchschnitt von 15
Bestimmungen . . . . . . 8545 mg

Es sind dieses ganz ungewöhnlich hohe Zahlen, welche durch besondere lokale Verhältnisse bedingt sein werden.

Nach den vorzüglichen und gründlichen von Bock und Schwarz über die Untersuchungen in Hannover gemachten Veröffentlichungen (Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. XXI. Bd. Suppl. S. 305/15) haben sich bezüglich des Gehaltes des Kanalwassers an „suspendierten organischen“ Bestandteilen vor und nach der Klärung u. a. folgende Resultate ergeben:

Nummer des Versuches	Gehalt an suspendierten organischen Bestandteilen		
	Vor der Klärung	Geschwindigkeit im Becken	nach der Klärung im 75 m lang. Becken
138	417 im Liter	bei 15 mm	194 im Liter
139	429 „ „		186 „ „
140	404 „ „		147 „ „
141	584 „ „		203 „ „
142	586 „ „	b. 19 mm	216 „ „
143	401 „ „		199 „ „
144	443 „ „		190 „ „
145	249 „ „	bei 8 mm	102 „ „
146	325 „ „		123 „ „
147	274 „ „		119 „ „
148	200 „ „		96 „ „
149	292 „ „		109 „ „
150	229 „ „		87 „ „
Durchschn. der 13 Versuche	372 im Liter		152 im Liter

Digitized by Google

Vergleicht man mit diesen Zahlen von Hannover, welches schon ein mässig konzentriertes Kanalwasser hat, die in Tabelle A angegebenen Mittelwerte des Cölner Kanalwassers, so sieht man, dass sich der Gehalt dieser Abwässer an suspendierten organischen Substanzen wie 372 zu 175 bezw. 214,6 oder rund wie 2 : 1 verhält, und dass das Cölner ungeklärte Kanalwasser (175/214,6 mg) nur etwa 25 bis höchstens 40 % suspendierte organische Substanz mehr enthält, als das im 75 m langen Becken „geklärte" Kanalwasser von Hannover (152 mg).

Das unfiltrierte Kanalwasser ist von gelbgrauer Farbe; das filtrierte dagegen in den meisten Fällen ganz farblos und nur in den dickeren Schichten mit einem Stich ins Gelbliche. Zu bemerken ist noch, dass das Kanalwasser gelegentlich und zwar während der Nacht- oder Abendstunden vorübergehend eine anormale Beschaffenheit aufwies. Während nämlich Abdampfrückstand, Glühverlust, suspendierte Stoffe und Ammoniak- sowie Chlorgehalt innerhalb der gewöhnlichen Grenzen lagen, war die Oxydierbarkeit sehr stark erhöht, sie betrug das zwei- bis fünffache, stellenweise noch mehr der gewöhnlichen Höhe. Die Ursache dieser Erscheinung findet Grosse-Bohle darin, dass industrielle Abwässer während der Nacht in die Kanalwässer abgelassen werden. In diesen anormalen Wässern liessen sich teerartige Produkte, Kresole und dergleichen nachweisen.

f) Die chemischen Untersuchungen des Ein- und Ablaufwassers des Probeklärbeckens bei verschiedener Geschwindigkeit zur Bestimmung des Kläreffekts[1].

1. Die Probeentnahme.

Dieselbe geschieht am Einlauf des Beckens und sodann später am Ablauf, nach der für den Durchfluss durch das Becken berechneten Zeit, also bei 4 mm in $\frac{45}{0,004} = 11250$ Sek. = 3 Std. 9 Min. 30 Sek., bei 20 mm in 37′ 30″, bei 40 mm in 18′ 45″. Voraussetzung hierbei ist, dass sich das eintretende Wasser in gleichmässiger Bewegung durch das Becken fortbewegt, dass in dem Becken keine toten Winkel entstehen und die gesamten Wasserteilchen gleichzeitig am Abfluss ankommen. Ist dies der Fall, so kann man mit genügender Wahr-

1) Die Abschnitte f bis h entsprechen den Berichten von Dr. Grosse-Bohle.

Digitized by Google

scheinlichkeit annehmen, dass das ablaufende Wasser dem vor der berechneten Zeit in das Becken eingetretenen Kanalwasser entspricht. Wie die auf Seite 16 mitgeteilten Untersuchungen erweisen, ist dies bei dem Cölner Becken der Fall. Die vorgenommenen Untersuchungen dürfen daher mit umsomehr Recht als ausreichend richtig angesprochen werden, weil das Kanalwasser seine chemische Beschaffenheit in kurzer Zeit nicht rasch verändert und daher selbst kleine Zeitdifferenzen keine wesentlichen Verschiebungen in den Ergebnissen herbeizuführen vermögen.

Zu den Versuchen wurde allstündlich immer 1 l entnommen, bei einigen Versuchen aber fortlaufend alle 10 Minuten eine Probe. Wie zu erwarten war, ergab die chemische Untersuchung die Uebereinstimmung der Befunde mit den Versuchen mit allstündlicher Probeentnahme und stellte dadurch sicher, dass die letztere richtige Durchschnittsresultate ergibt. Es wurden daher im allgemeinen die Proben allstündlich entnommen, so zwar, dass bei Versuchen mit 4 und 20 mm Durchflussgeschwindigkeit die Probenahme in 3 Phasen mit Zwischenräumen von je 5 Minuten erfolgte. Die beispielsweise um 9 Uhr gewonnene Probe setzte sich aus Dritteln zusammen, welche 8.55, 9,00 und 9,05 Uhr geschöpft worden waren. Es geschah dieses in der Erwägung, dass bei diesen kleinen Geschwindigkeiten immerhin geringe Verschiebungen der Wasserwelle eintreten könnten, welche durch das angewendete Verfahren ausgeglichen werden möchten. Bei den Versuchen mit grösserer Geschwindigkeit ist jedoch die Durchflusszeit verhältnismässig so gering, dass die einmalige Probeentnahme zur Stundenzeit als ausreichend sicher erschien.

Aus den Resultaten der Stundenproben ergab sich, dass man, wie bei den Fraenkelschen Versuchen, etwa 4 sechsstündige Wassersorten von annähernd gleicher chemischer Beschaffenheit unterscheiden kann. Da bei den Stundenproben die Untersuchung von $2 \times 24 = 48$ Wasserproben erforderlich war, was lange Zeit erforderte, so hat man nach dem vorstehenden Ergebnis die Wässer von je 6 Stunden zu einer Probe vereinigt, sodass nunmehr nur noch $2 \times 4 = 8$ Proben zu untersuchen waren. Vereinzelt sind auch Versuche durchgeführt worden, wobei die Entnahmen von 3 Stunden zu einer Probe vereinigt wurden.

Bei jeder einzelnen Probe wurde mindestens 1 l Kanalwasser entnommen. Die Einzelproben wurden in einer Probeflasche zusammen-

gegossen und nach kräftiger Durchschüttelung die zu untersuchende Sammelprobe entnommen.

2. Die Konservierung der Proben.

Die Konservierung der Proben war unumgänglich, da bei den Klärversuchen meist eine grössere Anzahl derselben entnommen werden musste und es nicht möglich war, diese alle sofort nach der Entnahme zu untersuchen, die Zusammensetzung des Kanalwassers sich erfahrungsgemäss aber sehr schnell verändert. Zu Anfang der Versuche war auf Empfehlung des Dr. Czaplewski als Konservierungsmittel Formaldehyd (Formalin) in Gebrauch (5 ccm der 40proz. Lösung auf 1 l), welches die suspendierten Stoffe, auf welche es hier vorwiegend ankommt, vorzüglich konserviert. Da es nun aber, nachdem man über die Abnahme der suspendierten Stoffe einen gewissen Ueberblick gewonnen hatte, von Interesse war, auch das Verhalten der gelösten Stoffe während der Klärung zu verfolgen, das Formalin aber für einige gelöste Bestandteile chemisch nicht indifferent ist, insbesondere sich die Bestimmung von Ammoniak, organischem und Albuminoidstickstoff, Schwefelwasserstoff und der Oxydierbarkeit in einem mit Formalin konservierten Wasser nicht ausführen lässt, so hat Dr. Grosse-Bohle später dieses Mittel gegen Chloroform vertauscht (2 ccm auf 1 l). In dem mit Chloroform konserviertem Wasser können fast alle üblichen Bestimmungen ausgeführt werden[1]).

Für die Bestimmung der Oxydierbarkeit wurde das vorher filtrierte Wasser, sofern die Untersuchung nicht sofort vorgenommen werden konnte, mit Schwefelsäure konserviert. Für die kolorimetrische Bestimmung des Ammoniaks wurde das Wasser durch Zusatz von Sodanatronlauge vorbereitet.

3. Die angewandten Untersuchungsmethoden.

Für die Bestimmung der suspendierten Stoffe standen zwei Verfahren zur Verfügung, nämlich

a) die direkte Filtration und
b) die Differenzbestimmung.

Der letzteren Methode wird für die Untersuchung von Abwässern im allgemeinen der Vorzug gegeben, sie empfiehlt sich durch die Ge-

1) Ueber die Wirkung des Chloroforms als Konservierungsmittel vergleiche Dr. Grosse-Bohle, Zeitschrift für Untersuchung von Nahrungsmitteln. 1903. S. 969.

nauigkeit der Resultate, die relative Schnelligkeit der Ausführung und durch den Umstand, dass sie gleichzeitig auch die Werte für die gelösten anorganischen und organischen Stoffe (Abdampfrückstand, Glührückstand und Glühverlust) liefert.

Die Ausführung der Methode gestaltet sich im einzelnen folgendermassen:

Je 200 ccm des kräftig durchgeschüttelten, unfiltrierten und des klarfiltrierten Wassers werden in dünnwandigen Platinschalen, wie sie für die amtliche Untersuchung des Weines vorgeschrieben sind, auf dem Wasserbade allmählich eingedampft und der Rückstand alsdann 4 Stunden lang bei 100° im Dampftrockenschranke nachgetrocknet. Nach dem Erkalten im Exsiccator werden die Schalen sofort — bei vorher auf die Wagschale gebrachtem ungefährem Gewichte — gewogen, da der Rückstand ausserordentlich schnell Feuchtigkeit anzieht. Nunmehr wird der Inhalt der Schale durch vorsichtiges Erhitzen — Fächeln über der Flamme, am besten unter Benutzung eines Pilzbrenners — verascht und die noch stark mit Kohle verunreinigte Asche nach dem Erkalten in der Schale mit Wasser angefeuchtet, auf dem Wasserbade getrocknet, wieder vorsichtig erhitzt, von neuem durchfeuchtet etc. und diese Behandlung so oft (meistens 4 bis 6 mal) wiederholt, bis die Kohlenteilchen aus der Asche vollständig verschwunden und die letztere weiss geworden ist, also nur noch die Mineralstoffe enthält. Zum Schlusse wird die Asche in üblicher Weise mit einigen Tropfen Ammoniumkarbonatlösung versetzt, um die möglicherweise trotz des vorsichtigen Erhitzens ausgetriebene Kohlensäure wieder zuzuführen, alsdann gelinde erhitzt und nach dem Erkalten im Exsiccator schnell gewogen.

Es sind somit folgende Werte ermittelt:

1. Rückstand des unfiltrierten Wassers: „gesamte feste Stoffe“.
2. Rückstand des filtrierten Wassers: „gesamte gelöste Stoffe“.
4. Asche des unfiltrierten Wassers: „gesamte Mineralstoffe“.
5. Asche des filtrierten Wassers: „gelöste Mineralstoffe“.
6. Differenz aus 4 und 5: „suspendierte Mineralstoffe“.
7. Glühverlust des unfiltrierten Wassers, als „gesamte organische Stoffe“ bezeichnet.
8. Glühverlust des filtrierten Wassers, als „gelöste organische Stoffe“ bezeichnet.
9. Differenz aus 7 und 8, „suspendierte organische Stoffe“.

Durch zahlreiche, bei fast allen Versuchen ausgeführte Doppel-

bestimmungen ist die Richtigkeit und Genauigkeit der gefundenen Werte kontrolliert worden. Geringe Abweichungen zeigten sich bisweilen beim Rückstand des unfiltrierten Einlaufwassers; sie erklären sich daraus, dass das Einlaufwasser auch gröbere suspendierte Stoffe enthält und es unmöglich ist, eine absolut genaue Durchschnittsprobe für die Untersuchung zu erhalten.

Die sonstigen Bestimmungen wurden nach folgenden Methoden ausgeführt:

Oxydierbarkeit: Nach Kubel.

Ammoniak: Kolorimetrisch mit Nessler's Reagens, sowie Destillation mit Magnesia.

Salpetrige Säure: Kolorimetrisch mit Zinkjodid-Stärkelösung.

Salpetersäure: Nach Noll, vergleichsweise auch nach anderen Methoden.

Stickstoff der suspendierten Stoffe: Nach Kjeldahl.

Organischer Stickstoff: Durch Abzug des Ammoniakstickstoffs von dem im filtrierten Wasser (nach der Zerstörung der Nitrate und Nitrite durch Eisenchlorid und Natriumbisulfit) nach Ulsch bestimmten Stickstoffe.

Albuminoidstickstoff: Nach Wanklyn-Chapmann und Smith.

Chlor: Massanalytisch.

Schwefelwasserstoff: Qualitativ durch Bleiacetatpapier, quantitativ mittelst Jodlösung oder ammoniakalischer Silberlösung.

Sauerstoff: Nach Winkler.

g) Die Untersuchungen über die Sedimentierung des geklärten Kanalwassers bei 12 stündigem ruhigen Stehen desselben.

Im Laufe der Klärversuche stellte es sich heraus, dass, wie dieses auch schon bei den Versuchen zu Hannover festgestellt worden war, von den organischen suspendierten Stoffen, welche sich in dem Ablaufwasser des Klärbeckens befinden, ein grosser Teil so fein ist, dass er selbst bei stundenlangem ruhigem Stehen nicht sedimentiert. Zur näheren Untersuchung dieser fur die mechanische Klärung bedeutsamen Tatsache wurden besondere Versuche angestellt in zu diesem Zwecke eigens hergestellten Flaschen von 50 cm Höhe, 20 cm Durchmesser und etwa 15½ l fassend. Die Flaschen wurden mit dem Wasser der am Beckenablauf entnommenen Durchschnittsproben 20 cm hoch gefüllt und nach Durchschüttelung 12 Stunden lang

lose bedeckt an einem ruhigen Orte stehen gelassen. Zur Verhütung von Zersetzungen war das Wasser konserviert und zwar mit Formaldehyd, der sich für diesen Zweck besser eignet als das schnell verdunstende Chloroform, besonders mit Rücksicht auf die nachfolgende, meistens mehrere Tage beanspruchende Filtration.

Nach 12 Stunden der Ruhe wurden die nicht sedimentierten suspendierten Stoffe in der Weise ermittelt, dass unter Zuhilfenahme eines Saughebers 10 cm unter der Oberfläche, aus der Mitte des Gefässes heraus, eine Probe von 1 l vorsichtig entnommen und die in dieser Probe noch enthaltenen suspendierten organischen Stoffe durch die direkte Filtration eines möglichst grossen Quantums (in der Regel konnten 400 ccm, bisweilen aber auch nur 200 bis 300 ccm durchfiltriert werden, bis sich das Filter zu verstopfen drohte) bestimmt wurden. Bei den wenigen Milligrammen, die sich auf dem Filter ansammelten, sind erklärlicherweise die natürlichen Fehlerquellen von Einfluss, sodass die gefundenen Werte nur als annähernde aufzufassen sind. Durch die Art der Probeentnahme sollte verhindert werden, dass gröbere Teilchen, die bisweilen an den Wänden hafteten oder an der Oberfläche schwammen, in die Probe gelangten. Da letztere aus dem oberen Viertel der Flüssigkeitssäule entnommen wurde, so kann man wohl die in ihr noch vorhandenen suspendierten organischen Teilchen als praktisch überhaupt nicht sedimentierfähig bezeichnen.

b) Untersuchungen über die chemische Verunreinigung des Rheins durch die Einleitung der Kanalwässer.

Um ferner zu untersuchen, ob sich der Einfluss der Einleitung des Kanalwassers in den Rhein auch chemisch, nach den üblichen chemischen Untersuchungsmethoden, feststellen lässt, sind ebenfalls eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt worden. Es wurde hierzu an den bestimmten Tagen das Kanalwasser „ohne andere Reinigung als die Beseitigung der groben Schwimm- oder Schwebestoffe durch die Siebvorrichtung“ in den Rhein abgelassen. Die Proben wurden 300 m oberhalb des Hauptauslasses der Kanalisation und etwa 4 km unterhalb desselben bei Leverkusen entnommen und zwar an drei Stellen des Stromes, nämlich in der Mitte und in einem Abstande von etwa 15 m vor den Buhnen der beiderseitigen Ufer, d. h. innerhalb der Strömung. Die Resultate sind in Tabelle 7 zusammengestellt. Bei der Untersuchung XII wurden die Proben aus drei, an der Ober-

fläche, in der Mitte und an der Sohle, geschöpften Einzelproben gemischt, bei den übrigen Untersuchungen wurde nur je 1 Probe in 1 m Tiefe genommen. Die Probeentnahme oberhalb der Kanalmündung fand immer $1^1/_2$ Uhr Nachmittags statt und diejenige unterhalb um soviel Minuten später, als die Wasserwelle etwa Zeit gebraucht, um den Weg bis dorthin zurückzulegen.

Die chemische Untersuchung erstreckte sich auf alle Bestimmungen, die eine etwaige Veränderung des Wassers anzuzeigen vermochten. Zur Bestimmung der suspendierten Stoffe wurden 2 bis 3 l Wasser durch ein aschefreies, bei 105 bis 110° getrocknetes und gewogenes Filter von 9 cm Durchmesser filtriert, das Filter mit den suspendierten Stoffen bei derselben Temperatur 3 bis 4 Stunden lang, bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, gewogen, in der Platinschale vorsichtig verascht, die Asche mit Ammoniumkarbonatlösung befeuchtet, getrocknet, schwach erhitzt und nach dem Erkalten im Exsiccator gewogen. Der Glühverlust der suspendierten Stoffe ist nicht identisch mit „suspendierten organischen Stoffen", sondern kann auch in der Hitze flüchtige, anorganische Stoffe, besonders chemisch gebundenes Wasser der Mineralstoffe einschliessen. Eine wesentliche Erhöhung des Glühverlustes in den unterhalb der Kanalmündung geschöpften Proben würde jedoch eine Zunahme der suspendierten organischen Stoffe anzeigen.

Die Untersuchungen I bis VI der Tabelle 7 wurden zur Orientierung über die durchschnittliche Zusammensetzung des Rheinwassers ausgeführt.

Auf bakteriologische und biologische Untersuchungen des Rheinwassers glaubte man hier verzichten zu dürfen, da die ausführlichen Untersuchungen der Herren Stutzer, Knublauch und Schenk hierüber vorlagen, welche bereits auf S. 3 erwähnt worden sind. Die Kanalwässer mündeten damals noch an einer Reihe von Auslässen direkt am Ufer aus und sind die Verhältnisse seit jener Zeit durch die Anlage des Hauptauslasses bei Niehl bedeutend verbessert worden. Es dürften daher z. Z. noch günstigere Resultate zu erwarten sein, zumal da nunmehr eine dauernde Reinigung der Abwässer eintreten wird.

i) Die Probeentnahme für die Schlammuntersuchung.

Um Durchschnittsproben des in den einzelnen Beckenvierteln abgelagerten Schlammes zu erhalten, wurde in jedem Beckenviertel ein

Querstreifen von etwa 1 m Breite zusammengeschoben, durchgerührt und von dieser gemischten Schlammmasse eine Probe von ca. $1^1/_2$ l entnommen.

Wenn diese Art der Probeentnahme wegen zu beträchtlicher Dicke der Schlammschicht nicht ausgeführt werden konnte, ein Fall, der besonders bei Versuchen mit 20 und 40 mm Klärgeschwindigkeit im ersten und zweiten Beckenviertel vorlag, wurden mehrere Stellen des Querstreifens durchgerührt, von jeder Stelle eine Probe entnommen und diese Proben zu einer Durchschnittsprobe vereinigt.

Eine Durchschnittsprobe des gesamten im Pumpensumpf und Becken abgelagerten Schlammes konnte in ähnlicher Weise nicht genommen werden, weil der Inhalt des schwer zugänglichen, aus zwei Gruben bestehenden grossen* Pumpensumpfes nicht durchgemischt werden kann. Gerade hier wäre der ungleichen Schlammbeschaffenheit halber aber eine gute Durchmischung erforderlich, weil an der Oberfläche des Sumpfes feinere wasserreichere, am Boden desselben aber die schwersten und wasserärmsten Stoffe liegen.

Aus diesem Grunde wurde die Durchschnittsprobe des Gesamtschlammes genommen, während dieser in die Schlammlagerbecken gepumpt wurde. Am Abflusse des Schlammleitungsrohres wurden in regelmässigen Zwischenräumen Proben von je 1 l mit einem Schöpfgefässe aufgefangen und in einen Kübel gegossen. Von dem durchgerührten Kübelinhalt wurde sodann die Durchschnittsprobe genommen. Die Einzelproben wurden bei Versuchen mit 4 mm Klärgeschwindigkeit (Dauer des Pumpens etwa 20 Minuten) jede Minute, bei Versuchen mit grösserer Durchflussgeschwindigkeit (Dauer des Pumpens $1^1/_4$ bis über 2 Stunden) alle 5 Minuten geschöpft.

Auch diese Ausführung der Probenahme ist mit gewissen Fehlern verknüpft. Die Pumpe saugt zuerst vorzugsweise die wässrigen Teile des Schlammes, zuletzt die dichten; der Schlamm fliesst aber nicht beständig in gleicher Menge aus dem Rohre, sondern quillt gegen Ende des Pumpens oft stossweise heraus. Bei den Versuchen mit 40 mm Klärgeschwindigkeit blieb gewöhnlich ein Rest von 15—20 cbm im Pumpensumpfe zurück. Dieser aus sehr groben Teilen bestehende Rest konnte ohne Verdünnung mit Wasser nicht gepumpt werden. In solchen Fällen wurde von dieser Masse eine Probe gesondert untersucht und unter Berücksichtigung des Mengenverhältnisses zwischen gepumptem und nicht pumpfähigem Schlamm die wirkliche Zusammen-

Digitized by Google

setzung des Gesamtschlammes aus den Ergebnissen der Untersuchung dieses und des gepumpten Schlammes berechnet.

k) Die bakteriologischen Untersuchungen.

Obschon es von vornherein klar war, dass die hier vorliegende mechanische Reinigung der Abwässer auf eine Verminderung des Bakterienbestandes der Kanalwässer nur insofern von Einfluss sein kann, als eine Anzahl Bakterien von den sich niederschlagenden suspendierten Stoffen mit zu Boden genommen wird, so sind dennoch einige Untersuchungen nach dieser Richtung hin ausgeführt worden. Die ersteren derselben sind von Dr. Czaplewski, Direktor des städtischen bakteriologischen Instituts, die übrigen von Dr. Grosse-Bohle ausgeführt worden. Die für die Untersuchung bestimmten Proben wurden unabhängig von den Proben für die chemische Untersuchung in sterilen Flaschen entnommen und unmittelbar nach der Entnahme in Arbeit genommen. Die Untersuchung erstreckte sich nur auf die Keimzahl und erfolgte in der üblichen Weise durch Züchtung auf Nährgelatine in Petri'schen Doppelschalen. Wegen der hohen Keimzahl musste jedoch das Wasser zuvor verdünnt werden. Diese Verdünnung ist im Verhältnisse von 1 : 10000 vorgenommen und in 2 Phasen in folgender Weise ausgeführt worden. Nach kräftiger Durchschüttelung der Probe wurde derselben 1 ccm mittels steriler Pipette entnommen und zu 99 ccm sterilisiertem destillierten Wasser, welches sich in einem Messkolben befand, gefügt. Von dieser ersten Verdünnung wurde nach kräftiger Durchschüttelung eine zweite genau in derselben Weise hergestellt und 1 ccm dieser zweiten Verdünnung zur Züchtung entnommen.

V. Die Ergebnisse der angestellten Untersuchungen.

a) Zusammenstellung der Ergebnisse.

Da bei der mechanischen Klärung im wesentlichen nur eine Beseitigung der „suspendierten organischen Stoffe“ in Betracht kommen kann, so war die Feststellung des Kläreffekts bezüglich dieser Substanzen bei verschiedener Durchflussgeschwindigkeit im Klärbecken die wesentliche Aufgabe der angestellten Versuche. Gleichzeitig wurden alle Nebenumstände, als Temperatur, Witterung etc., festgestellt, um den etwaigen Einfluss derselben auf den Kläreffekt zu studieren.

Digitized by Google

Es wurde bei den Versuchen mit einer Durchflussgeschwindigkeit von 4 mm pro Sekunde begonnen. Da der Kläreffekt hierbei ein überraschend grosser war, wurde sofort auf 20 mm, sodann auf 40 mm übergegangen und schliesslich noch ein Versuch mit 77 mm Geschwindigkeit angestellt. Letzterer konnte jedoch nur während 18 Stunden ausgeführt werden, da die Nachtstunden wegen Mangels der zum Versuche nötigen Wasserquantität ausfallen mussten. Es sind ausser den Probeversuchen planmässig im ganzen 46 vollständige Versuche gemacht worden, von denen 15 auf 4 mm, 18 auf 20 mm, 12 auf 40 mm und 1 auf 77 mm Geschwindigkeit im Becken entfallen.

Um die wechselnde Beschaffenheit des Kanalwassers während der einzelnen Tageszeiten kennen zu lernen, sind bei den Versuchen I, II, IV und V der anliegenden Tabellen die Entnahmen des Ein- und Ablaufwassers des Beckens allstündlich, also zusammen 48 Proben entnommen und untersucht worden. Die erste Probe wurde immer Vormittags um 8 Uhr und die letzte Morgens um 7 Uhr entnommen. Die Probe von 8 Uhr Morgens an der Kläranlage entspricht also etwa den Abwässern, welche im Entwässerungszentrum um 6 Uhr Morgens zum Abfluss kommen.

Die Untersuchung von 48 Stundenproben erfordert sehr viel Zeit, und so hat man denn später, nachdem ein ausreichender Ueberblick über die wechselnde Beschaffenheit der Abwässer gewonnen war, meist je 6 Stundenentnahmen, entsprechend der Morgen-, Mittags-, Abend- und Nachtzeit, zu einer Probe vereinigt, sodass alsdann nur noch 8 Proben zu untersuchen waren. Verschiedentlich sind auch 3 Stundenproben und in 2 Fällen auch 12 Stundenentnahmen zu einer Probe vereinigt worden.

Eine Uebersicht über die Probeentnahmen und die einzelnen Untersuchungen, welche in den Tabellen C näher verzeichnet sind, geben die anliegenden drei Zusammenstellungen Anlage B, in welchen auch gleichzeitig die Angaben über Luft- und Wassertemperatur, Wetter, Wind und Kanalwassermengen enthalten sind. Wie hier kurz bemerkt werden soll, hat diesseits ein Einfluss dieser Faktoren, ausser den bereits im Abschnitt IV d enthaltenen Ergebnissen, nicht festgestellt werden können.

Digitized by Google

b) Die wechselnde Beschaffenheit der Kanalwässer während der einzelnen Tageszeiten, insbesondere die verhältnismässige Reinheit der Nachtwässer.

Wie man aus den Ergebnissen der Tabellen C, namentlich der 24-Stundenversuche I, II, IV und V in Tabelle C 5 ersieht, ist die Beschaffenheit der Abwässer, insbesondere bezüglich der suspendierten organischen Substanzen, eine sehr wechselnde. Man kann die Abwässer einteilen in „Morgenwässer", welche von 6—12 Uhr Vormittags (8 Uhr Vorm. bis 2 Uhr Nachm. auf der Kläranlage), in „Mittagswässer", welche von 12 Uhr Mittags bis 6 Uhr Nachmittags, in „Abendwässer", welche von 6 Uhr Nachmittags bis 12 Uhr Nachts, und in „Nachtwässer", welche von 12 Uhr Nachts bis 6 Uhr Morgens den Kanälen überliefert werden.

Aus den Tabellen D ist zu ersehen, dass die in der Siebanlage grob vorgereinigten Abwässer am Einlauf in das Becken an suspendierten organischen Substanzen durchschnittlich im Liter enthalten:

$$\text{die Morgenwässer} \quad \frac{3903 + 5384 + 4408}{(14 + 19 + 16)} = 279 \text{ mg}$$

$$\text{die Mittagswässer} \quad \frac{4382 + 5955 + 4919}{49} = 311 \text{ mg}$$

$$\text{die Abendwässer} \quad \frac{2868 + 4202 + 3671}{49} = 219 \text{ mg}$$

$$\text{die Nachtwässer} \quad \frac{789 + 1229}{16 + 20} = 56 \text{ mg}$$

Ganz besonders beachtenswert mit Rücksicht auf die vorliegenden Verhältnisse zeigt sich hier die relative Reinheit der Nachtwässer, indem der Gehalt derselben an suspendierten organischen Substanzen nur etwa $^1/_5$ desjenigen der übrigen Tageswässer beträgt. Vergleicht man hiermit weiter die Angaben aus Tabelle D über die prozentuale Abnahme der suspendierten organischen Stoffe im geklärten Kanalwasser, so hat man bei den verschiedenen Geschwindigkeiten:

	4 mm	20 mm	40 mm rd. %
Bei den Morgenwässern eine Abnahme von	69.5	69.2	60,4
„ „ Mittagswässern „ „ „	75.4	70,3	61.0
„ „ Abendwässern „ „ „	72.8	66,9	52.7
„ „ Nachtwässern „ „ „	46.8	57.4	

Hieraus ergibt sich, dass, je reicher an suspendierten organischen Bestandteilen die Schmutzwässer sind, um so höher der Kläreffekt ist, und dass sonach bei den Nachtwässern der geringste Kläreffekt erzielt wird.

Wie aus Tabelle D ebenfalls hervorgeht, sind in dem „geklärten" Tageswasser noch an suspendierten organischen Bestandteilen im Liter enthalten durchschnittlich:

$$\frac{84 + 76 + 53 + 87 + 91 + 70 + 107 + 118 + 105}{9} = \text{rund } 88 \text{ mg},$$

während die „ungeklärten" Nachtwässer, wie vorstehend angegeben, nur 56 mg im Liter enthalten.

Wie Anlage D ferner zeigt, ist der Kläreffekt in einzelnen Fällen sogar ein negativer, weil das einfliessende verhältnismässig reine Nachtwasser durch den bereits im Becken abgelagerten Schlamm verunreinigt wird. Lässt man daher die Nachtstunden ausser Betracht, so erhöht sich der Kläreffekt bezw. der Prozentsatz der ausgeschiedenen Bestandteile. Die Tabelle E ergibt hierüber näheren Aufschluss, und die Tabelle F und K, in welcher die gefundenen Werte gegenübergestellt sind, zeigt, dass sich der Kläreffekt bei Ausserachtlassung der Nachtstunden erhöht und zwar bei den Versuchen mit:

4 mm Durchflussgeschwindigkeit von 70,90 auf 72,31 %
20 „ „ „ 68,09 „ 69,08 „

Aus vorstehenden Ergebnissen darf daher der Schluss gezogen werden, dass es keinen Zweck hat, die Nachtwässer durch die Kläranlage zu schicken, sondern dass es sich vielmehr empfiehlt, dieselben direkt in den Rhein abzuleiten.

c) Die Ausscheidung weiterer suspendierter organischer Substanzen aus dem „geklärten" Ablaufwasser bei 12stündigem ruhigen Stehen desselben.

Ebenso wie von Bock und Schwarz in Hannover, sind auch hier einschlägige Untersuchungen nach vorstehender Richtung hin vorgenommen worden. Die Ergebnisse sind in den Tabellen E zusammengestellt für die verschiedenen Durchflussgeschwindigkeiten.

Man ersieht aus der 4 mm-Tabelle, dass der Durchschnittsgehalt der Kanalwässer an suspendierten organischen Substanzen mit „Ausschluss der Nachtstunden" durchschnittlich 259,8 mg beträgt und nach der Klärung nur noch 71,7 mg, sodass sich der Kläreffekt zu 72,31 % berechnet. In diesem geklärten Wasser sedimentierten bei

12 stündiger Ruhe noch 30,3 mg oder 11,70 % des Gesamtgehaltes des ungeklärten Wassers, während 45,5 mg oder 17,14 % unausgeschieden blieben und voraussichtlich auch bei noch viel längerer Ruhe überhaupt nicht ausgeschieden werden. Auf diesen Teil der Stoffe ist daher bei der mechanischen Klärung praktisch überhaupt nicht zu rechnen. Berücksichtigt man diese Tatsache, so kann sonach der Kläreffekt zu 100,00 — 11,70 = 88,30 % angenommen werden. In nachstehender Tabelle sind die Resultate der Anlage E für die verschiedenen Klärgeschwindigkeiten übersichtlich zusammengestellt worden.

Klärgeschwindigkeit	Suspendierte organische Stoffe		Abnahme in %	Es sediment. in 12 Stunden nicht		Es hätten also höchstenfalls noch ausgeschied. werd. können		Hiernach berechneter Kläreffekt
	Einlauf	Ablauf		absol.	in %	absol.	in %	
4 mm	259,8	71.7	72,30	45,5	17.14	30,3	11,70	100 — 11.70 = 88,30
20 „	270,5	82,4	69.08	55,5	20,23	31,3	11,94	100 — 11,94 = 88,06
40 „	270,7	110,2	58,90	56,8	21,69	51.9	19,71	100 — 19,71 = 80,29

Der Prozentsatz der in Ruhe nicht ausgeschiedenen Stoffe stimmt, wenn man berücksichtigt, dass bei längerem Stehen suspendierte Stoffe in Lösung übergehen können, mit den Resultaten der Anlage X der Hannover'schen Ermittelungen (Vierteljahrsschr. f. ger. Med., XXI. Bd., Supplement S. 317) nahezu überein, und man kann sonach annehmen, dass durchschnittlich $\frac{17,14 + 20,23 + 21,69}{3}$ = rund 20 % der im Cölner Kanalwasser enthaltenen ausserordentlich feinen suspendierten organischen Stoffe durch mechanische Klärung in Klärbecken überhaupt nicht ausgeschieden werden können.

d) Der Kläreffekt bei verschiedener Durchflussgeschwindigkeit im Versuchsbecken.

In den Tabellen F sowie in der grossen Tabelle K sind die Gesamtergebnisse bezüglich Beschaffenheit der Kanalwässer, sowie [illegible]

3*

Google

erzielten Kläreffekts zusammengestellt. Wir entnehmen denselben in erster Linie, dass bei den 4 mm-Versuchen die gesamten festen Stoffe 1159 mg im Liter betragen haben, bei den 20 mm-Versuchen 1224,4 mg und im Gesamtdurchschnitt 1194,8 mg. Hiervon entfallen durchschnittlich 750,2 auf die mineralischen und 444,8 auf die organischen Stoffe. Die gesamten gelösten Stoffe betragen 892 mg, wovon 662,5 auf mineralische und 229,5 auf organische Stoffe entfallen.

Die Gesamtmenge der suspendierten Stoffe beträgt 303,0 mg, wovon 87,7 auf mineralische und 214,6 auf organische Substanzen entfallen.

Der Effekt der mechanischen Klärung zeigt sich naturgemäss am deutlichsten bei den gesamten suspendierten Stoffen, bei welchen die Abnahme nach Tabelle E und K beträgt bei

4 mm	Geschwindigkeit	von	286,7	auf	76,5	oder	rund	73 %
20 „	„	„	316,2	„	94,0	„	„	70 „
40 „	„	„	393,9	„	154,80	„	„	61 „

bei den suspendierten mineralischen Stoffen:

4 mm	Geschwindigkeit	von	78,8	auf	16,4	oder	rund	79 %
20 „	„	„	95,4	„	25,2	„	„	73 „
40 „	„	„	123,1	„	44,3	„	„	64 „

bei den gesamten organischen Substanzen:

4 mm	Geschwindigkeit	von	438,3	auf	269,2	oder	rund	39 %
20 „	„	„	450,0	„	288,9	„	„	36 „
40 „	„	„	548,6	„	380,6	„	„	31 „

bei den suspendierten organischen Stoffen:

4 mm	Geschwindigkeit	von	209,3	auf	60,6	oder	70,90 %
20 „	„	„	219,0	„	68,7	„	68,09 „
40 „	„	„	270,7	„	110,2	„	58,90 „

Es ist also namentlich bei den suspendierten organischen Stoffen, auf welche es bei der mechanischen Klärung fast nur ankommt, eine erhebliche Abnahme bemerkbar. Bei Ausserachtlassung der Nachtwässer und mit Berücksichtigung der Tatsache, dass ein grosser Prozentsatz der suspendierten organischen Stoffe auch bei kleinster Durchflussgeschwindigkeit nicht ausgeschieden wird, ergibt sich aus E und K folgende übersichtliche Tabelle:

Durchflussgeschwindigkeit	Abnahme der suspendiert. organ. Bestandteile in %		
	nach der Klärung	mit Abzug der Nachtstunden	desgl. der nach Abzug der nach 12 Stunden nicht sediment. Stoffe
4 mm	70,90 (64,85 — 76,43)	72.31 (64.55 — 77,98)	88,30
20 „	68,09 (59,45 — 75,17)	69.08 (62,70 — 77,95)	88,06
40 „	57,90[1])	58,90 (53,23 — 87,14)	80,29
77 „	41,00[1])	42,00	66,27

Es beträgt demnach der Kläreffekt für die Tageswässer bei 4 mm durchschnittlich 72,31 %, wobei der geringste Wert mit 64,55 und der höchste mit 77,98 % oder mit 13,43 % Differenz gefunden worden ist. Für 20 mm stellen sich die Werte auf 69,08 und 62,7 bis 77,95 und die Differenz auf 15,25 %, und für 40 mm auf 58,90 und 53,23 bis 67,14 und die Differenz auf 13,89 %. Die Regelmässigkeit dieser Zahlen spricht für die Genauigkeit der Untersuchungen.

Vergleicht man die Werte der Tabelle mit dem in Hannover (Vierteljahrsschr. f. ger. Med., XXI. Bd., Supplement, S. 285) gewonnenen Resultate über die Abnahme der organischen suspendierten Substanzen in einem Becken mit einer mittleren Tiefe von 2,00 m und

50 m Länge bei 27 Tagesversuchen bei Geschwindigkeiten von 4,6 und 8 mm durchschnittlich . . . 55,7 %

75 „ „ bei 41 Tagesversuchen bei Geschwindigkeiten zwischen 4 und 10 mm durchschnittlich . . 61,5 „

so ergibt sich, dass der Kläreffekt bei dem Cölner Becken von gleicher Tiefe und einer Länge von nur 45 m ein bedeutend höherer ist. Es wird dieses im wesentlichen der Cölner Beckenform zugeschrieben, insbesondere der Konstruktion des Beckeneinlaufs, der Anordnung des Schlammsumpfes zu Anfang des Beckens und der nach dem Ablauf zu ansteigenden Sohle des Beckens.

Im weiteren ergibt sich bezüglich des Kläreffekts ein ähnliches, aber noch weitergehendes Resultat wie in Hannover, nämlich, dass der Kläreffekt zwischen 4 mm und 20 mm Durchflussgeschwindigkeit nur wenig verschieden ist, dass der Prozent-

1) Diese Zahlen sind nicht ermittelt, sondern nach den übrigen Ergebnissen interpoliert.

satz nämlich nur um 72,31 — 69,08 = 3,23 % differiert, während letztere Geschwindigkeit das 5fache der ersteren beträgt, und ferner, dass bei der 10fachen Durchflussgeschwindigkeit, also bei 40 mm der Kläreffekt nur um 72,31 — 58,90 = 13,41 % geringer ist.

Es sind dieses sowohl für die Anlage als den Betrieb von Klärbeckenanlagen ausserordentlich wichtige Ergebnisse, weil für beides im Hinblick auf die seitherigen Anforderungen der Staatsbehörden durch bedeutende Einschränkung der baulichen Anlage und den damit verbundenen vereinfachten Betrieb ganz namhafte Beträge erspart werden.

Da bei einer Durchflussgeschwindigkeit von 40 mm ein Kläreffekt von 58,90 % erzielt wird, so übersteigt derselbe noch bedeutend die Zahl von 50 %, welche in dem Fraenkel'schen Gutachten als Mindestleistung verlangt wird, insbesondere wenn man dabei in Betracht zieht, dass bei der Zahl von 58,90 % die an der Siebanlage abgefangenen Stoffe noch nicht mit einbezogen sind. Zur Erreichung eines Kläreffekts von 50 % würde unbedenklich eine Durchflussgeschwindigkeit von 70 mm zugelassen werden können, weil nach den Versuchen selbst bei 77 mm noch 42 % erzielt werden und hierzu die Menge der abgefangenen Schwimmstoffe zuaddiert werden muss. Die Berechnung stellt sich für diesen Fall wie folgt: Die sekundliche Brauchwassermenge beträgt nach S. 15 637 l, die Beckenweite ist 8,00 m. Bezeichnet man mit M die Wassermenge pro Sekunde, mit v die Durchflussgeschwindigkeit, mit Q den Querschnitt des Beckens und mit h die erforderliche mittlere Beckentiefe, so hat man: $M = Q \cdot v$ oder $0{,}637 = 8 \cdot h \cdot 0{,}07$ woraus $h = \frac{0{,}637}{0{,}56} = 1{,}14$ m. Die vorhandene mittlere Beckentiefe beträgt aber 2,00 m, sodass eine Niederschlagshöhe der sich ablagernden Schmutzstoffe von 2,00 — 1,14 = 0,86 m eintreten kann, ohne dass der rechnungsmässige Beckenquerschnitt verengt würde, und wobei noch der Raum des vertieften Schlammfangs mit in Rechnung zu ziehen wäre.

Das vorhandene Becken würde daher im Verein mit der Siebanlage vollständig ausreichen, um den geforderten Kläreffekt von 50 % der suspendierten organischen Stoffe selbst bei längerem Betriebe zu gewährleisten, da die periodische Reinigung des Beckens während der 6 Nachtstunden, wäh-

rend welcher das Kanalwasser direkt dem Rhein zugeführt würde, vorgenommen werden könnte.

e) Die Natur des geklärten Kanalwassers.

Zur Prüfung der Fäulnisfähigkeit wurden während der Sommermonate häufig grössere Proben des rohen, des bei 20 mm Durchflussgeschwindigkeit von dem grössten Teile der suspendierten Stoffe befreiten und des filtrierten Kanalwassers sowohl in offenen als auch in luftdicht verschlossenen Gefässen aufbewahrt und bis zu 14 Tagen beobachtet. Die Proben wurden alle 2—3 Tage auf äussere Beschaffenheit, Geruch und Schwefelwasserstoffbildung geprüft und nach 14tägigem Stehen zum Teil noch eingehender untersucht. Während dieser Zeit zeigten die Proben folgendes Verhalten:

1. Das rohe Kanalwasser, bei Luftabschluss aufbewahrt, verfiel einer starken Fäulnis. Der Geruch war stinkend faulig; ausserdem bildeten sich reichliche Mengen von Schwefelwasserstoff. Die Farbe veränderte sich kaum.

Bei Luftzutritt aufbewahrt, machten sich diese Fäulniserscheinungen weniger stark bemerkbar, der Geruch war schwächer und die Bildung von Schwefelwasserstoff gering.

2. Das bei 20 mm Durchflussgeschwindigkeit gereinigte Wasser, bei Luftabschluss aufbewahrt, verhielt sich ähnlich wie das rohe Kanalwasser, jedoch waren die Fäulniserscheinungen geringer.

Bei Luftzutritt aufbewahrt, verhielt sich jedoch dieses gereinigte Wasser wesentlich anders. Schwefelwasserstoff trat nicht auf, der Geruch war nicht stinkend faulig, sondern sehr schwach faulig und ähnlich dem Geruche eingemachten Sauerkrautes oder eingemachter Vitsbohnen. Erst beim Erwärmen auf 50—60° trat ein eigentlicher Fäulnisgeruch auf.

Beide Proben wiesen nach 14 Tagen in der Regel eine Verminderung der suspendierten organischen Stoffe um 25—30 %, des Glühverlustes im filtrierten Wasser um 40 % und der Oxydierbarkeit um 40—50 % auf.

3. Das filtrierte Kanalwasser, bei Luftzutritt und bei Luftabschluss aufbewahrt, zeigte dieselben sehr geringen Fäulniserscheinungen wie das bei Luftzutritt aufbewahrte, bei 20 mm Durchflussgeschwindigkeit gereinigte Wasser. Ausserdem trat eine sehr geringe Flockenbildung auf (quantitativ kaum bestimmbar).

Nach 14 Tagen wiesen beide Proben eine Herabsetzung des Glühverlustes um rund 50 %, der Oxydierbarkeit um 55—88 % auf.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass das filtrierte und auch das im Klärbecken gereinigte Abwasser, sofern das letztere bei Luftzutritt aufbewahrt wird, bei Quantitäten von 1—6 Litern, der stinkenden Fäulnis nicht anheimfällt, sondern unter Bildung schwach riechender Uebergangsprodukte bezw. Gase eine weitgehende Selbstreinigung erfährt. Die Proben waren während des Tages entnommen, teils einzeln, teils als Durchschnittsproben von mehreren Stunden.

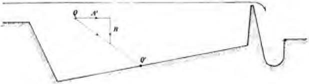
f) Die mechanische Reinigung der Kanalwässer im Klärbecken und die Sedimentierungskurve.[1])

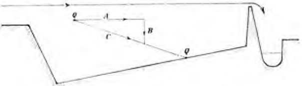
Die Ergebnisse bezüglich des Reinigungseffektes bei verschiedener Durchflussgeschwindigkeit in dem Cölner Klärbecken waren einigermassen überraschender Natur, sodass eine wissenschaftliche Erklärung derselben sehr erwünscht war. Es veranlasste dieses den Verfasser zu weiteren Untersuchungen, welche nachstehend mitgeteilt und durch welche, wie vorbemerkt werden soll, die Frage der mechanischen Klärung in Flachbecken namhafte Aufklärung gefunden haben dürfte[1]).

Wenn man sich den Vorgang der Sedimentierung eines Schmutzteilchens im Becken veranschaulicht, so wirken im grossen und ganzen auf dasselbe zweierlei Kräfte: die Durchflussgeschwindigkeit A, bezw. das Gefälle des abfliessenden Kanalwassers, welche das Schmutzteilchen in horizontaler Richtung vorwärts schiebt, und die Schwerkraft B, welche dasselbe entgegen dem Auftrieb und dem Reibungswiderstande im Wasser in vertikaler Richtung zum Sinken bringt. Aus beiden Kräften entsteht eine Resultante C, welche das Teilchen in diagonaler, nach dem Ablauf gerichteter, der Klärbeckensohle zustrebender Richtung führt. Erreicht die Resultante die Beckensohle vor dem Ablauf, so lagert sich das Schmutzteilchen im Becken ab; ist dieses nicht der Fall, und ist das Teilchen am Beckenende noch in der Schwebe, so wird dasselbe von der aufwärts, nach dem Ueberlauf gerichteten Strömung des abfliessenden Wassers wieder an die Oberfläche gerissen und gelangt in den Abfluss, es kommt also nicht zur Sedimentierung. Es muss also dem einzelnen Teilchen die nötige „Zeit“ im Becken gelassen werden, welche dasselbe zum Absinken bis

1) Technisches Gemeindeblatt Jahrg. VI. No. 10. S. 141 und Centralbl. f. allgem. Gesundheitspflege. 1903. S. 267.

zur Sohle gebraucht, bezw. es darf die Durchflussgeschwindigkeit nur so gross gewählt werden, dass das Durchströmen des Beckens mindestens diesen Zeitraum erfordert. Nachstehende Figuren zeigen das Verhalten desselben Teilchens Q bei verschiedener Grösse der Geschwindigkeit A und A_1. Die Kraft A ist bekannt, es ist die Durchflussgeschwindigkeit, welche beliebig gewählt werden kann, nicht aber die Kraft B, welche das Teilchen zu Boden reisst, welche für dasselbe Teilchen immer gleich ist, welche aber bei den einzelnen Teilchen sehr verschieden ist, indem schwere kompakte Körperchen viel rascher fallen als leichte feine flockige Teilchen, weil bei letzteren Auftrieb



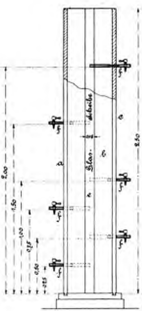


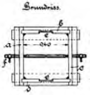
und Widerstand im Wasser grösser sind. Wie sich die Sedimentierung aber in Wirklichkeit, insonderheit bei dem Cölner Kanalwasser und dem Cölner Probebecken gestalten würde, ob dasselbe viele rasch sedimentierende oder viele leichte Teilchen enthält, liess sich auch nicht annähernd voraussehen. Hier musste das Experiment die nötige Aufklärung bieten. Es wurde zu diesem Zwecke zuerst ein grosser Glaszylinder mit Kanalwasser gefüllt, dasselbe etwas umgeschüttelt und nunmehr beobachtet, in welcher Weise die Sedimentierung vor sich geht. „Es zeigte sich dabei überraschenderweise, dass der grösste Teil der Schmutzkörperchen verhältnismässig sehr bald zu Boden sinkt, dass sich der Bodensatz aber in der Folge nur langsam und später,

selbst bei stundenlangem Stehen, fast gar nicht mehr vermehrt. Es wurde auf chemischem Wege festgestellt, dass schon nach kurzer Zeit eine gute Klärung der oberen Wasserschichten bezüglich der suspendierten Bestandteile stattgefunden hatte. Gleichzeitig wurde aber auch die Beobachtung gemacht, dass die absinkenden Schmutzteilchen leicht an der Wand des Glaszylinders, dessen Durchmesser naturgemäss nicht sehr gross sein konnte, anhafteten oder durch dieselbe in ihrer Sedimentierfähigkeit stark beschränkt wurden. Auch war die Höhe des Glaszylinders nicht ausreichend, um direkte Vergleiche mit einer Beckenanlage, wo zumeist eine viel grössere Beckentiefe vorhanden ist (das Cölner Becken hat eine mittlere Tiefe von 2 m), ohne weiteres zu gestatten. Es wurde daher zur Vornahme der Sedimentierungsversuche ein besonderes Gefäss erbaut, welches in nebenstehender Zeichnung dargestellt ist. Dasselbe bildet einen 2,5 m hohen viereckigen Kasten mit quadratischem Querschnitt von 0,40 m Seitenlänge. Die 4 Wandbretter a, b, c, d sind gut ineinander versetzt, durch eiserne Zugstangen mit Schrauben fest zusammengehalten und in den Kanten gut gedichtet. In den gegenüberliegenden Wänden b und d sind 8 cm breite Glasplatten e auf ganz gleiche Höhe des Gefässes eingesetzt, sodass man alle Vorgänge in der Wassersäule genau beobachten kann. In das Gefäss sind sodann Ablasshähne f eingelassen, welche mit kurzen Ansatzröhren versehen sind, die bis zur Mitte des Gefässes hineinreichen. Der unterste Hahn befindet sich 0,25 m, der zweite 0,50 m, der dritte 0,75 m, der vierte 1,00 m, der fünfte 1,50 m und der sechste 2,00 m über der Sohle des Gefässes. Durch vorsichtiges Oeffnen dieser Hähne und nachdem der erste Guss abgelassen war, konnte man vermittelst derselben Wasser aus der Mitte des Gefässes entnehmen, welches der betreffenden Höhenlage des Hahnes bezw. der Absenktiefe der Schmutzteilchen entsprach und welches dann chemisch auf den Gehalt an suspendierten bezw. suspendierten organischen Bestandteilen untersucht wurde.

Wenn man Schmutzwasser in einer Flasche schüttelt und dann in Ruhe hinstellt, so wird man bemerken, dass die Schmutzteilchen der Flasche noch mehrere Minuten lang nach allen Richtungen durcheinanderwirbeln, insbesondere sich auch noch nach aufwärts bewegen. Diese Bewegungen dauerten im Versuchsgefäss bis zu 10 Minuten. Es war daher schwer zu bestimmen, in welchem Moment das Wasser zur Ruhe gekommen und von welchem an nunmehr die eigentliche Sedimentierung beginnt. Um diesen Zeitpunkt tunlichst festzulegen,

Digitized by Google




Grundriss.

Grundriss.

ist zur möglichst baldigen Beruhigung des in das Gefäss eingebrachten Kanalwassers die auf vorstehender Zeichnung ebenfalls abgebildete Vorrichtung verwendet worden. Dieselbe besteht aus einem langen Stocke T, an welchem im rechten Winkel 4 leichte Brettchen h befestigt sind. Diese Vorrichtung wurde oben am Griff genommen und in das Gefäss eingetaucht. Die grösseren Wirbelbewegungen in dem Wasser wurden dadurch sofort beseitigt, und es konnte, nachdem die Vorrichtung nach 2 Minuten wieder herausgezogen und noch weitere 3 Minuten zur Beruhigung zugelassen waren, dieser Zeitpunkt als Beginn der Sedimentierung angenommen werden. Es sind hiernach eine Reihe von Untersuchungen vorgenommen worden. Um dieselben nicht zu weit auszudehnen, wozu keine Zeit mehr zur Verfügung stand, sind die Proben in 2 m Tiefe, welche derjenigen des hiesigen Klärbeckens entspricht, entnommen worden. Nur bei den 12 Stunden-Untersuchungen sind auch Proben aus 0,50 m Tiefe verwendet worden.

Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle enthalten:

Versuch vom	Ursprüngl. Gehalt an suspend. organ. Stoffen	Abnahme in % nach										In 2 m Tiefe	[illegible]
		5′	18′ 45″	25′	30′	37′ 30″	50′	1 h	2 h	3 h 7′ 30″	6 h	12 h	[illegible]
15. 12. 02	400 mg	48.5	61.3	63.5	64.3	66.3	68.0	69.3	67.5	68.3	68.8	73.8	[illegible]
29. 12. 02	465 „	41.3	55.3	60.2	59.8	63.0	64.9	65.6	67.1	69.7	76.3	77.4	[illegible]
3. 1. 03	233 „	38.6	52.8	54,9	55.8	60.1	60.5	62,7	63.5	65.2	70.0	74.2	[illegible]
7. 1. 03	380 „	40.8	57,1	58,7	60.5	64.5	64.5	65,0	67.1	68,2	72,4	81.1	[illegible]
15. 1. 03	337 „	51.0	61.4	65.3	65.3	65,3	65,9	65.9	71,8	70.3	77,2	80.7	[illegible]
3. 2. 03	370 „	45.1	60.0	66,8	67.3	71.4	73,0	73.5	77.0	80.8	83.8	83.5	[illegible]
7. 2. 03	442 „	27.6	53,6	54.1	53,6	58,1	59.7	63.8	63.3	68,1	76.2	79.2	[illegible]
	Sa.	292.9	401.5	423,5	426,6	448.7	456.5	465.8	477.3	490.6	524,7	549.9	[illegible]
	Gemittelt	41.8	57.4	60,5	60.9	64.1	65.2	66.5	68,2	70.1	75.0	78.6	[illegible]

Die Entnahmen fanden statt nach Beruhigung des Wassers nach einer grösseren Anzahl von Vorversuchen, innerhalb: 5 Minuten. 18 Min. 45 Sek. — 25 Min. — 30 Min. — 37 Min. 30 Sek. — 50 Min. — 1 Std. — 2 Std. — 3 Std. 7 Min. 30 Sek. — 6 Std. und 12 Std., wobei bemerkt sein mag, dass das Cölner Becken auf ganze Länge durchlaufen wird bei einer Klärgeschwindigkeit von 40 mm in 18 Min. 45 Sek., bei 20 mm in 37 Min. 30 Sek., und bei 4 mm in 3 Std. 7 Min. 30 Sek. Die vorstehende Tabelle zeigt, dass nach den gemittelten Zahlen an Schmutzteilchen in 2 m Tiefe sedimentierten nach:

Digitized by Google

5 Minuten	durchschnittlich	41,8 %
18 Min. 45 Sek.	„	57,4 „
25 Minuten	„	60,5 „
30 „	„	60,9 „
37 Min. 30 Sek.	„	64,1 „
50 Minuten	„	65,2 „
1 Stunde	„	66,5 „
2 Stunden	„	68,2 „
3 Std. 7 Min. 30 Sek.	„	70,1 „
6 Stunden	„	75,0 „
12 Stunden	„	78,6 „
In 0,50 m Tiefe beträgt diese letzte Zahl . . .		79,5 „

Es sedimentierten also innerhalb 12 Stunden nicht: 100 — 79,5 = 20,5 % der suspendierten organischen Substanzen. Es stimmt dies Ergebnis mit demjenigen in Abschnitt Vc bezüglich der nicht ausscheidbaren Stoffe im geklärten Kanalwasser nahezu überein.

Um einen besseren Ueberblick über die Sedimentierungsverhältnisse zu bekommen, sind dieselben in beiliegendem Plan 10 als sog. „Sedimentierungskurve“ aufgetragen worden. Die Abszissen stellen die Zeitdauer der Sedimentierung dar, während die Ordinaten den in dieser Zeit erzielten Kläreffekt bezüglich der organischen suspendierten Bestandteile in Prozenten des Gesamtgehaltes derselben darstellen. Es lässt sich aus dieser Kurve der jeder Zeitdauer entsprechende Kläreffekt ablesen. Der Verlauf der Kurve ist ein eigenartiger und ist, wie wir später sehen werden, für die Gestaltung der Klärbecken von grosser Bedeutung.

Stellen wir nunmehr die Ergebnisse, welche im Versuchsgefässe in 2,00 m Tiefe in verschiedenen Zeiträumen gewonnen wurden, denjenigen Resultaten gegenüber, welche in den gleichen Zeiträumen in dem durchschnittlich 2 m tiefen Klärbecken gewonnen wurden. Es liegen hierfür die Resultate vor für Zeiträume, während welcher das Kanalwasser das Becken mit Geschwindigkeiten von 4 mm, von 20 mm und von 40 mm durchströmt, also für Zeiten von 3 Std. 7 Min. 30 Sek. bezw. 37 Min. 30 Sek. bezw. 18 Min. 45 Sek. Die Gegenüberstellung ergibt die nachstehende Tabelle (S. 46).

Man sieht hieraus, dass sich die im Versuchsgefäss erhaltenen Resultate annähernd mit denjenigen, welche bei den Klärversuchen im Becken gewonnen wurden, decken. Der verhältnismässig geringe

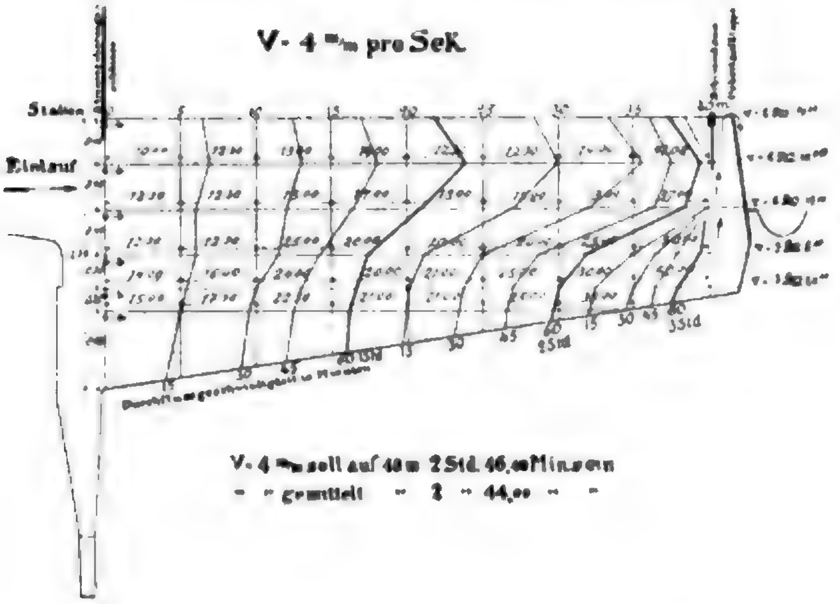
Klär-geschwin-digkeit	Kläreffekt		Zeitdauer der Sedimentierung
	im Becken	im Versuchsgefäss	
4 mm	72,31 %	70.10 %	3 St. 7 Min. 30 Sek.
	2,21		
20 „	69.08 %	64.10 %	37 Min. 30 Sek.
	4,98		
40 „	58.90 %	57,40 %	18 Min. 45 Sek.
	1.50		

Unterschied zu Gunsten des Klärbeckens lässt sich auf die immerhin vorhandene Verschiedenheit der Versuchsverhältnisse zurückführen.

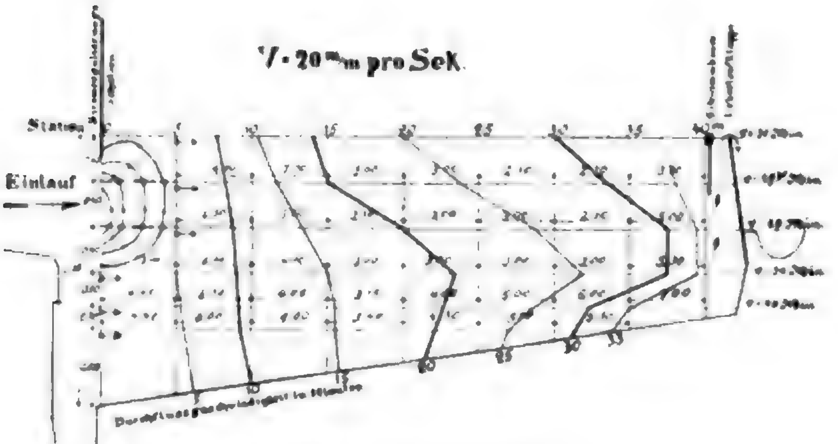
In dem kleinen Gefäss mögen die Reibungswiderstände grösser sein wie in dem grossen Becken. In letzterem dagegen wird die Zeitdauer, welche den absinkenden Schlammteilchen zur Verfügung steht, nicht für alle derselben mit derjenigen im Versuchsgefäss übereinstimmen, denn es setzt dieses voraus, dass das Kanalwasser auf ganze Beckenlänge den ganzen Beckenquerschnitt mit der rechnungsmässigen Geschwindigkeit durchströmt, was nicht genau zutrifft. Da dieses letztere für die Klärversuche von ausserordentlicher Wichtigkeit wird und hier und da bestritten worden ist, so sind hierüber sehr ausführliche Untersuchungen angestellt worden. Es wurde zuerst, nach Analogie von anderweit angestellten Versuchen, durch Färbung des Kanalwassers versucht, die Bewegung des Wassers im Klärbecken zu verfolgen. Bei der Tiefe und Grösse des Beckens waren aber einigermassen sichere Resultate nicht zu erlangen. Es wurden daher, ähnlich wie in Hannover, mit geeignet konstruierten Schwimmern, welche auf den ganzen Querschnitt des Beckens sowohl nach der Tiefe wie der Breite verteilt waren, über die Fortbewegung des Wassers im ganzen Becken eine Reihe von Messungen angestellt und zwar für die rechnungsmässigen Durchflussgeschwindigkeiten von 4 mm, 20 mm und 40 mm. Nebenstehende Abbildungen zeigen die Ergebnisse und geben ein Bild von der Fortbewegung in einem Längenschnitt durch die Axe des Beckens für gleiche Durchflusszeit.

Es zeigt sich dabei, dass in allen 3 Fällen nur zu Anfang des Beckens Wirbelbewegungen vorkommen, welche sich höchstens bis zu 5 m hinter die Stromregulierungsschützen ausdehnen, dass im übrigen aber eine, wenn auch in den einzelnen Tiefen etwas ungleichmässige, so doch stete Fortbewegung im Becken ohne tote Winkel

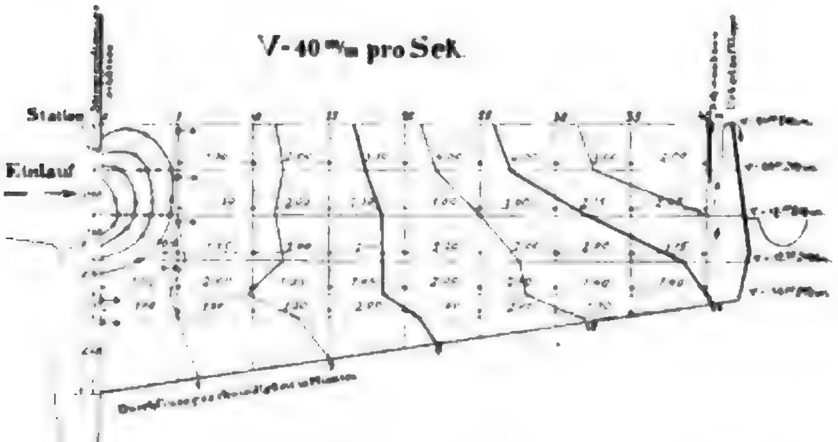
Digitized by Google



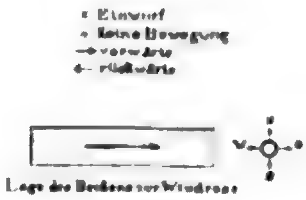
V=4 m/m soll auf 40 m 2 Std. 46,.. Min. sein
„ „ gemittelt „ 2 „ 44,.. „ „



V=20 m/m soll auf 40 m [illegible] Min. sein
„ „ gemittelt „ [illegible] „ „



V=40 m/m soll auf 40 m [illegible] Min. sein
„ „ gemittelt „ [illegible] „ „



stattfindet. Bei 4 mm Durchflussgeschwindigkeit ist die Fortbewegung nahe an der Oberfläche am grössten; bei 20 mm ist dieselbe in mittlerer Tiefe und bei 40 mm in der Nähe der Sohle am grössten. Gleiche Resultate sind in den Längenschnitten nahe den Seitenwänden des Beckens festgestellt worden.

Es zeigen diese Ergebnisse, dass die Gestalt des Cölner Beckens für einen stetigen, gleichmässigen Durchfluss und damit auch für die Wirksamkeit desselben bezüglich der Sedimentierung eine durchaus günstige ist.

Auf eine ausführliche Wiedergabe der Untersuchungen über die Wasserbewegung im Cölner Klärbecken ist hier als nicht zur Sache gehörig verzichtet worden. Es wird indes beabsichtigt, dieselben demnächst in ausführlicher Weise zu veröffentlichen.

Aus der guten Uebereinstimmung beider vorstehend angegebener Versuchsreihen darf, wie dieses ja auch von vornherein anzunehmen war, der Schluss gezogen werden, „dass der Kläreffekt nicht etwa von einer besonderen Einwirkung der verschiedenen Geschwindigkeiten abhängt, sondern dass derselbe im Grossen und Ganzen einfach eine Funktion der Zeitdauer ist, welche den Schmutzteilchen im Becken zu ihrer Niederbewegung zur Sohle gelassen wird.“ Alle Sedimentierungsergebnisse finden hierdurch sachgemässe Erklärung.

Da schwerere Partikelchen viel schneller niedersinken als leichte, feine und flockige Teilchen, so wird der Reinigungseffekt bei einem Kanalwasser, welches verhältnismässig viele schwere Teilchen enthält, in derselben Zeit ein viel grösserer sein als bei einem Kanalwasser, welches viele feine, leicht schwimmende Teilchen enthält. „Der Kläreffekt wird daher bei demselben Klärbecken, je nach der physikalischen Natur des jeweiligen Kanalwassers, immerhin ein verschiedener sein.“

Bei dem Cölner Kanalwasser wird man, gleichwie die Durchflussgeschwindigkeit sei, nach 5 Minuten Klärdauer 41,8 %, nach 30 Minuten 60,9 %, nach 2 Stunden 68,2 % der suspendierten organischen Stoffe niederschlagen. Bezeichnet man mit t die Zeitdauer, welche ein Schmutzteilchen im Kanalwasser braucht, um ein Becken von der Länge l zu durchfliessen, mit M die pro Sekunde zu klärende Wassermenge und mit Q den Beckenquerschnitt b . h oder Breite mal Höhe, so hat man $v = \frac{M}{Q}$ und $t = \frac{l}{v} = \frac{l \cdot Q}{M} = \frac{l \cdot b \cdot h}{M}$.

„Es hängt daher bei gleicher Wassermenge M theoretisch die

Zeitdauer und somit auch der derselben entsprechende Kläreffekt von dem Produkt l.b.h oder dem kubischen Inhalte des Klärbeckens ab" oder mit anderen Worten: „für dasselbe Kanalwasser ist bei gleicher Wassermenge der Kläreffekt in verschiedenen Becken von verschiedenen Einzeldimensionen der gleiche, sofern nur der kubische Inhalt der Becken gleich ist." Dieses rein theoretische Ergebnis beruht aber auf Voraussetzungen, welche in Wirklichkeit nur mehr oder weniger zutreffen. Denn erstens handelt es sich nicht um reines Wasser, ferner trifft die Unterstellung, dass alle Wasserteilchen das Becken genau in derselben Zeit t passieren, nicht vollständig zu, weil dieses bedingt, dass alle Wasserteilchen das Becken mit derselben Geschwindigkeit v durchströmen, und dass der gesamte Querschnitt des Beckens Q voll und ganz ausgenutzt wird und keine toten Winkel vorhanden sind. Fernere Voraussetzung ist, dass das Wasser in das Becken vollständig gleichmässig eintritt und dasselbe gleichmässig durchfliesst und keine Wirbelbewegungen und Seitenströmungen vorhanden sind, welche die regelmässige Abwärtsbewegung der sinkenden Schmutzteilchen beeinflussen, die Sedimentierung beeinträchtigen und dadurch den Kläreffekt verringern. „Die Erfüllung vorgenannter Voraussetzungen ist nach den hiesigen Untersuchungen ganz wesentlich durch eine sachgemässe Einleitung des Kanalwassers in das Becken sowie die Gestaltung und Dimensionierung des Klärbeckens bedingt. Letztere derart zu wählen und zu gestalten, dass die theoretischen Grundlagen der Berechnung möglichst erfüllt werden, ist daher die wichtigste Aufgabe bei dem Bau der Kläranlagen."

Ein Beispiel möge diese Fragen etwas näher erläutern: Nehmen wir beispielsweise 2 Becken von der gleichen mittleren Tiefe von 2 m, von welchen das eine eine Breite von 25 m und eine Länge von 5 m und das andere eine Breite von 5 m und eine Länge von 25 m hat, deren kubische Inhalte also gleich sind. Die Kanalwassermenge M soll 0,50 cbm pro Sekunde betragen und das Wasser im Sammelkanal mit einer mittleren Geschwindigkeit v von 1,00 m ankommen. Es beträgt alsdann die Durchflussgeschwindigkeit v' im ersten Becken $\frac{0,50}{2 \times 25} = \frac{0,50}{50} = 0,01$ m und im zweiten $v'' = \frac{0,50}{2 \times 5} = \frac{0,50}{10} = 0,05$ m. Die Durchflusszeiten sind auf Grund der Annahmen selbstverständlich gleich und berechnen sich zu $t' = \frac{l}{v'} =$

$\frac{5}{0{,}01} = 500$ Sekunden und $t'' = \frac{l}{v''} = \frac{25}{0{,}05} = 500$ Sekunden, und es müssten sonach beide Becken theoretisch den gleichen Kläreffekt liefern. Nun beträgt aber der Querschnitt des ankommenden Kanalwassers $Q = \frac{M}{v} = \frac{0{,}50}{1{,}00} = 0{,}50$ qm, sodass sich also beim ersten Becken die Schwierigkeit ergibt, in welcher Weise technisch der Uebergang von dem 0,50 qm grossen Querschnitt des ankommenden Wasses auf den hundertmal grösseren Beckenquerschnitt von $2 \times 25 = 50$ qm vermittelt und eine gleichförmige Verteilung des Wassers auf den grossen Querschnitt erreicht werden kann. Würde sich dieses vielleicht auch durch ein kunstvolles, grosses Uebergangsbauwerk oder eine Verteilungsgallerie mit Teilung des Beckens in mehrere kleine Becken mit namhaften Kosten einigermassen erreichen lassen, so entsteht aber sofort das weitere Bedenken, ob sich in dieser bedeutenden Kanalerweiterung oder Verteilungsgallerie durch die grossee Geschwindigkeitsverminderung nicht bereits Schmutzablagerungen bilden, welche den regelmässigen Zufluss, sowie die Verteilung des Wassers auf die einzelnen Becken beeinträchtigen und dadurch Wirbel in den letzteren verursachen, welche die Sedimentierung stören. Es sind dieses Vorkommnisse, welche bei vorhandenen Anlagen häufig beobachtet werden können. Auch die weitere Frage wird zu prüfen sein, ob die Stosswirkung des mit 1 m Geschwindigkeit ankommenden Kanalwassers in dem nur 5 m langen Becken, in welchem nur mit einer Geschwindigkeit von 10 mm gearbeitet werden soll, schnell genug und ausreichend aufgehoben wird, sodass keine Beunruhigung des Wassers im Becken eintritt. Voraussichtlich dürfte dieses nicht der Fall sein. Auch die Konstruktion des Schlammschachtes nach Cölner Muster würde bei kurzen Becken eine ganz andere sein müssen, wie bei langen Becken. Alle diese Punkte, welche aus einer Reihe anderer herausgegriffen sind, zeigen, dass die Grösse des Beckens denn doch nicht glattweg für den Kläreffekt massgebend ist, sondern dass insbesondere die Anordnung der Anlage und die Wahl der Beckendimensionen von allergrösster Wichtigkeit ist und von Fall zu Fall genau erwogen werden muss, und dass namentlich die Wahl verhältnismässig breiter und kurzer Becken ihre Bedenken hat. Wo die Grenze liegt und welches Verhältnis der Beckendimensionen zu wählen ist, bedarf, wie schon bemerkt, sorgfältigster Prüfung im Einzelfalle, und

es bietet dazu, wie später gezeigt werden soll, die Sedimentierungskurve noch mancherlei Anhalt.

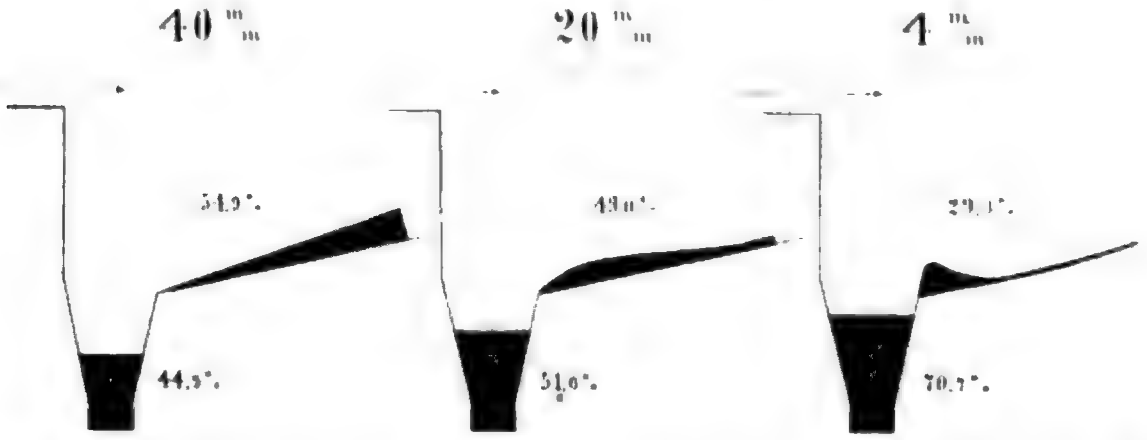
Die Ergebnisse am Cölner Becken, welches eine Länge von 45 m, eine Breite von 8 m und eine mittlere Tiefe von 2 m hat, erklären sich nach vorstehenden Ausführungen nunmehr leicht wie folgt:

1. Durchflussgeschwindigkeit von 4 mm.
   a) Das sekundliche Wasserquantum, welches das Becken passiert, beträgt 2 . 8 . 0,004 = 64 l.
   b) Um nach der Sedimentierungskurve einen Kläreffekt von 57,40 % zu erzielen, ist eine Zeit von 18 Min. 45 Sek. erforderlich, während welcher das Wasser im Becken einen Weg zurücklegt von (18,60 + 45) . 0,004 = 1025 × 0,004 = 4,50 m. Das Becken ist also zur Erreichung eines Kläreffektes von 57,40 % zehnmal zu lang.
   c) Um die ganze Beckenlänge zurückzulegen, braucht das Wasser $\frac{45,00}{0,004}$ = 11250 Sekunden oder 3 Stund. 7 Min. 30 Sek. Der alsdann erzielte Kläreffekt beträgt nach der Sedimentierungstabelle 70,10 %. Mithin die Zunahme 70 . 10 — 57,40 = 12,70 %.
2. Durchflussgeschwindigkeit von 20 mm.
   a) Das sekundliche Wasserquantum beträgt 2 . 8 . 0,02 = 320 l.
   b) Die zur Erzielung eines Kläreffektes von 57,40 % erforderliche Zeit beträgt 18 Min. 45 Sek., und der alsdann zurückgelegte Weg beträgt 11250 . 0,02 = 22,50 m. Das Becken könnte also um die Hälfte kleiner sein.
   c) Um das ganze Becken zu durchfliessen, braucht das Wasser $\frac{45,00}{0,02}$ = 2250 Sekunden oder 37 Min. 30 Sek. Der alsdann erzielte Kläreffekt beträgt nach den Sedimentierversuchen 64,1 % und somit die Zunahme 64,1 — 57,4 = 6,7 %.
3. Durchflussgeschwindigkeit von 40 mm.
   a) Es beträgt das sekundliche Wasserquantum 2 . 8 . 0,04 = 640 l.
   b) Um einen Kläreffekt von 57,40 % zu erzielen, ist wie oben eine Zeit von 1025 Sekunden erforderlich, und beträgt alsdann der zurückgelegte Weg 1025 . 0,04 = 45,00 m.
   c) Da die ganze Beckenlänge in der Zeit von 18 Min. 45 Sek. durchlaufen wird, so kann bei dieser Geschwindigkeit kein höherer Kläreffekt als 57,40 % erzielt werden.

Stellt man die vorstehenden Ergebnisse einander kurz gegenüber, so erhält man also bei 40 mm einen Kläreffekt von 57,40 %; bei 20 mm: bei halber Wassermenge einen Kläreffekt von 64,10 %; bei 4 mm: bei einem Zehntel der Wassermenge einen Kläreffekt von 70,10 %.

Bei den nun einmal vorhandenen Dimensionen des Cölner Klärbeckens und dem Erfordernis eines Kläreffekts von etwa 50 % wird die günstigste Ausnutzung daher nur bei Durchflussgeschwindigkeiten von mehr als 40 mm pro Sekunde eintreten. Selbst bei 70 mm, wo das Becken in etwa 10 Min. 42 Sek. durchströmt wird, beträgt der Kläreffekt noch etwa 50 %.

Um die Sedimentierung bezw. die Art der Schlammablagerung im Becken bei den verschiedenen Durchflussgeschwindigkeiten auch auf praktischem Wege festzustellen, ist eine Reihe von Versuchen angestellt und danach die folgende Zeichnung angefertigt worden.



Es geht daraus hervor, dass bei einer Geschwindigkeit von 4 mm sich bereits gleich zu Anfang des Beckens im Schlammsumpfe etwa 71 % Schlamm ablagern und der Rest von nur 29 % sich auf das eigentliche Flachbecken verteilt, während sich diese Zahlen bei 20 mm zu rund 51 % und 49 % und bei 40 mm zu 45 % und 55 % stellten. Bei sehr grosser Geschwindigkeit wurden die Schmutzteilchen weit in das Becken hineingetrieben, während sich bei kleiner Geschwindigkeit der Schlamm hauptsächlich im Pumpensumpfe ablagerte. Für geringe Geschwindigkeiten reichen daher kurze Becken aus, während grosse Geschwindigkeiten entsprechend längere Becken erheischen. Es bestätigen diese Versuchsresultate also die vorstehend gemachten Erwägungen, und finden damit die an dem Cölner Becken bei verschiedener Klärgeschwindigkeit gewonnenen Ergebnisse ihre naturgemässe Erklärung.

Kommen wir nun nochmals auf die Sedimentierungskurve und die Resultate zurück, welche sich aus derselben für die Gestaltung

von Flachbecken ergeben, so ist zuerst festzustellen, dass dieselbe für die Kanalwässer anderer Städte, da der Gehalt und die Beschaffenheit der suspendierten Substanzen verschieden sind, voraussichtlich einen etwas anderen Verlauf nehmen, im grossen und ganzen aber keine grossen Unterschiede zeigen wird.

Es geht aus der Kurve hervor, dass die Sedimentierung zu Anfang des Klärbeckens bezw. nach Verringerung der Geschwindigkeit des in das Becken eintretenden Kanalwassers eine verhältnismässig ausserordentlich rasche ist, sodann aber nur sehr langsam vorangeht und schliesslich selbst bei grosser Zeitdauer der Sedimentierung ohne weiteren nennenswerten Erfolg ist.

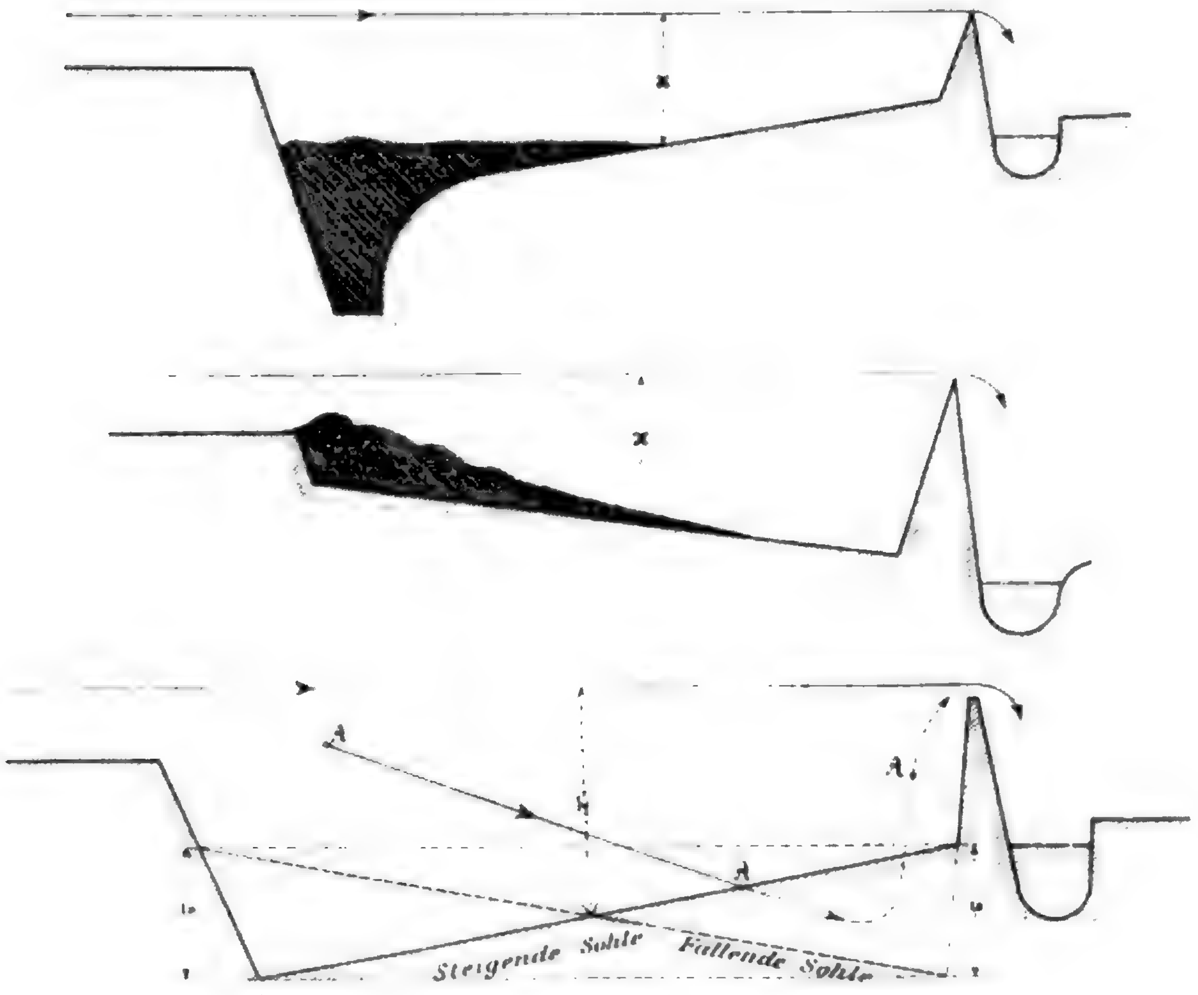
Hieraus folgt, dass selbst für grosse Durchflussgeschwindigkeit über eine gewisse Beckenlänge hinaus nur noch ein verhältnismässig sehr geringer Kläreffekt erzielt wird.

Ferner ist der Verlauf der Schlammablagerung für die Form des Beckens von Einfluss. Die Tatsache, dass die bei weitem grössten Ablagerungen sofort bei Beginn des Beckens eintreten, bringt die Gefahr mit sich, dass sich zu Anfang desselben sofort grosse Ablagerungen bilden, welche den Durchflussquerschnitt beeinträchtigen, den gleichmässigen Durchlauf des Kanalwassers durch das Becken stören, zu Wirbeln Veranlassung geben und bei der ausserordentlichen Beweglichkeit der suspendierten Körperchen dadurch den Kläreffekt beeinträchtigen. Um diesen Nachteil, welcher sich insbesondere bei mehrtägiger Klärung sehr fühlbar macht, zu beseitigen und den rechnungsmässigen wirksamen Beckenquerschnitt x stets frei zu halten, ist es erforderlich, die Sohle zu Anfang des Beckens entsprechend zu vertiefen bezw. einen Schlammfang anzulegen, in welchem sich der Schlamm ohne Beeinträchtigung des Beckenquerschnittes ansammeln und ablagern kann, und welcher ferner den Vorteil bietet, dass sich der Schlamm aus demselben auspumpen lässt. Aus dem Verlauf der Kurve empfiehlt es sich weiter, die Beckensohle nach dem Ablauf zu steigen zu lassen, weil alsdann mit der abnehmenden Schlammablagerung sich nur der vertiefte Beckenteil mit Schlamm füllt und stets noch der mittlere rechnungsmässige Querschnitt auf ganze Beckenlänge für den Durchfluss frei bleibt, während dieses bei fallender Sohle nicht der Fall ist (s. die Skizzen S. 54).

Es bietet bei gleicher mittlerer Beckentiefe die steigende Sohle den ferneren Vorteil, dass die absinkenden Schlammteilchen schneller den Boden erreichen, als bei fallender Sohle und daher weniger leicht in den Abfluss gelangen können. Die Zeitdauer, in welcher

Digitized by Google

der Weg durch das Becken zurückgelegt wird, ist bei gleicher mittlerer Beckentiefe, bei steigender und fallender Sohle gleich, aber die Höhe, welche ein feines Schlammteilchen A bis zur Erreichung der Sohle zu durchfallen hat, ist bei fallender Sohle viel bedeutender: dasselbe erreicht demzufolge viel später oder garnicht den Boden, es wird von der Strömung am Ablauf in die Höhe gerissen und gelangt nicht zur Ablagerung. Vergleicht man die beiden vorstehend skizzierten Becken mit steigender und mit fallender Sohle von gleicher



mittlerer Tiefe x, so sieht man, dass die Fallhöhe bei einem Sohlengefälle von 1,00 m bei dem letzteren Becken am Ende desselben 1,00 m mehr beträgt, als bei dem ersteren. Da es sich am Beckenende gerade um Ablagerung der feinsten Schmutzstoffe handelt, welche sehr langsam niedersinken, so springt der Nachteil der fallenden Sohle sofort ins Auge.

Nach dem ganzen Wesen der Sedimentierung ist darauf zu halten, dass das Wasser aus dem Kanal in möglichst ruhiger Bewegung, bei welcher die Schmutzteilchen gewissermassen schon vorsortiert an-

kommen, dem Becken zugeführt wird, dass die Stosswirkung des eintretenden Wassers baldmöglichst und zweckentsprechend aufgehoben wird, dass sich das Wasser möglichst bald auf den ganzen Querschnitt verteilt, sodass derselbe voll und ganz ausgenutzt wird, und dass ferner die Ablagerung des Schlammes im Becken den regelmässigen, ruhigen Durchfluss nicht beeinträchtigt und den wirksamen Beckenquerschnitt auch bei längerer Klärung möglichst freilässt.

Vorstehenden Grundsätzen ist bei dem Cölner Klärbecken, obschon der Bau desselben vor langer Zeit erfolgt ist, im allgemeinen Rechnung getragen worden und erklärt sich dadurch auch der erzielte hohe Kläreffekt.

Der Uebergang von dem Zuleitungskanal zum Becken ist organisch ausgebildet, sodass die Einleitung des Wassers in das Becken in ruhiger, zweckentsprechender Weise erfolgt. Der Stosswirkung des eintretenden Wassers wird durch die grosse Wassermenge im vertieften Pumpensumpf und durch die bereits vorstehend beschriebenen Stromregulierungsschützen begegnet, und der vertiefte Schlammfang und die steigende Sohle lassen eine unschädliche Schlammablagerung ohne Beeinträchtigung des wirksamen Beckenquerschnitts zu und tragen zur Erhöhung des Kläreffekts bei.

Hat man die Sedimentierungskurve eines Kanalwassers aufgestellt, so bietet uns dieselbe die Handhabe, bei einer beabsichtigten mechanischen Beckenklärung sofort die Sachlage übersehen zu können. Nachdem festgestellt ist, wieviel Prozent der organischen suspendierten Stoffe aus hygienischen Gründen mindestens ausgeschieden werden müssen, kann man nach der Kurve sofort die hierzu erforderliche Sedimentierungszeit ablesen und daraus schon beurteilen, ob sich eine mechanische Klärung überhaupt oder inwieweit praktisch empfiehlt. Ist dieses festgestellt, so gilt es nach den vorstehend angegebenen Grundsätzen die Klärgeschwindigkeit unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Beckenquerschnitt und Beckenlänge und der örtlichen Verhältnisse zu bestimmen. Die Grösse des Schlammsumpfs und des Beckenraums, welche zur Aufnahme der Schlammniederschläge ohne Beeinträchtigung des mittleren wirksamen Beckenquerschnitts nötig ist, lässt sich dann ebenfalls an Hand der Sedimentierungskurve und der Ergebnisse über die Menge der Schlammniederschläge beurteilen. Ebenso lässt sich bei vorhandenen Kläranlagen an Hand der vorher festgestellten Sedimentierungskurve prüfen, welche Durchflussgeschwindigkeit die günstigsten Resultate liefern würde. Die Höhe des zu

erzielenden Kläreffekts wird aber davon abhängen, ob die vorhandene Beckenform und Grösse den vorauf besprochenen Bedingungen genügt und inwieweit eine gleichförmige auf den ganzen Beckenquerschnitt und die ganze Beckenlänge verteilte Durchflussgeschwindigkeit erreicht ist.

Es dürfte durch die vorstehend mitgeteilten Ergebnisse die Frage der mechanischen Klärung im Flachbecken eine wesentliche Aufklärung erfahren haben.

g) Die Ergebnisse über die Menge und Beschaffenheit des gewonnenen Klärschlammes.

Die Ergebnisse hierüber sind in den Tabellen G niedergelegt. Es ergibt sich bezüglich der Schlammmengen, dass auf 1000 cbm Kanalwasser an dünnflüssigem Schlamm gewonnen werden bei:

4 mm	Durchflussgeschwindigkeit	etwa 4,04 cbm
20 „	„	„ 2,474 „
40 „	„	„ 1,838 „

Bezüglich des Wassergehalts und der Trockensubstanz des Schlammes ergeben sich folgende Zahlen:

	Wasser in %	Trockensubstanz in %
4 mm Durchflussgeschwindigkeit	95,57	4,43
20 „ „	92,87	7,13
40 „ „	91,34	8,66

Die Resultate am Cölner Klärbecken bestätigen die bereits auf Seite 4 und 5 geltend gemachten Bedenken. Es zeigt sich nämlich in ganz auffallender Weise, dass erstens die Schlammmenge ohne wesentliche Erhöhung des Kläreffekts bei kleinerer Durchflussgeschwindigkeit sich sehr vermehrt und dass zweitens der Schlamm einen viel höheren Wassergehalt hat wie bei einer Klärung mit grosser Geschwindigkeit, beides Faktoren, welche für den Betrieb der Anlage und die Drainierung und Unterbringung des Schlammes und damit auch für die Höhe der Betriebskosten von allergrösster Bedeutung sind. Bei 4 mm beträgt die Schlammmenge 4,04 cbm und bei 40 mm nur 1,838 oder nur rund 45,5 % der ersteren. Bei 60 mm würde dieser Prozentsatz noch ein viel höherer sein. Sodann beträgt die Trockensubstanz bei 40 mm fast doppelt soviel wie bei 4 mm. Man braucht daher bei grosser Durchflussgeschwindigkeit ein viel geringeres Schlammquantum zu pumpen, es genügen kleinere Schlammlagerplätze, und

Digitized by Google

der erhaltene, wasserärmere Schlamm trocknet schneller und braucht bis zur Versandfähigkeit nicht so lange Zeit zu lagern.

Darauf aufmerksam gemacht muss indes werden, dass die vorliegenden Untersuchungen bei Schlamm von „eintägiger" Klärung gemacht worden sind. Bei mehrtägiger Klärung werden die Unterschiede bezüglich der Schlammmenge und des Wassergehaltes desselben sich nicht mehr in gleichem Maasse bemerkbar machen.

Bei der 4 mm-Klärung lagern sich die einzelnen Teilchen viel langsamer ab, und die Schlammmenge beträgt auf derselben Grundfläche nur etwa $^1/_5$ derjenigen wie bei 20 mm Geschwindigkeit, wo die fünffache Wassermenge das Becken passiert. Die Schlammhöhe ist daher eine viel geringere, und der Schlamm setzt sich nicht so fest ineinander Bei mehrtägiger Klärung wird aber die Schlammschicht ebenfalls höher, der Schlamm setzt sich ebenfalls mehr ineinander, wird konsistenter und wasserärmer. Ein bedeutender Unterschied zu Gunsten der grösseren Durchflussgeschwindigkeit wird aber immer bestehen bleiben, zumal wenn man berücksichtigt, dass zur Erlangung der Schlammmenge, welche man etwa in einem Tage bei 40 mm erhält, bei 4 mm Durchflussgeschwindigkeit annähernd zehnmal so lange Zeit, also zehn Tage nötig wäre, eine solche Zeitdauer aber wegen der alsdann auftretenden starken Gärungserscheinungen und üblen Gerüche überhaupt unzulässig erscheint. Man erhält also bei grossen Durchflussgeschwindigkeiten in kurzer Zeit annähernd dieselbe Schlammtrockensubstanz in viel weniger verwässertem Zustande, als wie bei geringerer Geschwindigkeit. Es ist also auch nach dieser Richtung hin bei dem Cölner Klärbecken unter allen Umständen eine grosse Geschwindigkeit, selbst unter Berücksichtigung der kleinen Einbusse im Kläreffekt, einer geringeren Geschwindigkeit vorzuziehen.

h) Die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle II zusammengestellt, und es wird auf diese hier verwiesen. Es zeigt sich, dass, wenn auch in vereinzelten Fällen eine Zunahme der Bakterienzahl im geklärten Wasser festgestellt wurde, im allgemeinen doch eine wesentliche Abnahme stattgefunden hat, welche sich bei der 40 mm-Klärung am deutlichsten bemerkbar machte.

Die Gesamtergebnisse unter Abschnitt Va bis Vh sind übersichtlich in der grossen Tabelle K zusammengestellt, auf welche hier verwiesen wird.

i) Rheinwasseruntersuchungen.

Es mögen hier vorab einige Ergebnisse aus der einschlägigen Literatur verzeichnet werden:

1. Nach Egger, Notizblatt des Vereins für Erdkunde, 1885, Heft 6 u. s. w., führt der Rhein

	Schwebestoffe	gelöste Stoffe	zusammen
bei Hochwasser	249,0 mg	246,0 mg	495 mg
bei Niedrigwasser . . .	12,0 „	203,0 „	215 „

2. C. Amthor und J. Zink, Untersuchungen des Rheinwassers bei Strassburg, 1894 (Sonderdruck). Allmonatliche Untersuchungen vom März 1893 bis März 1894:

	Suspendierte Stoffe	Trockenrückstand
Maximum . . .	31,4 mg	224 mg
Minimum . . .	0,6 „	172 „
Mittel	12,9 „	189 „

Die Verfasser bemerken, dass ein Teil der suspendierten Stoffe organischer Natur sei.

3. Salomon, Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin und öffentliches Sanitätswesen, 1901, 21, Supplement.

Gehalt an suspendierten Substanzen (auf mg im Liter umgerechnet).

a) Am 27. Oktober 1899 Pegelstand zu Caub 1,39 m, gemitteltes Niederwasser 1,30, langandauerndes Niederwasser.

Bei Bingen	52,5	mg	bei Neuwied	11,8	mg
„ Bacharach	12,55	„	„ Andernach	13,8	„
„ Oberkassel	10,20	„	„ Niederbreisig	19,45	„
„ St. Goar	7,90	„	„ Linz	8,9	„
„ Boppard	25,10	„	„ Remagen	14,2	„
„ Coblenz	12,50	„			

Der Durchschnitt beträgt 17,17 mg.

b) Am 8. August 1899 bei Coblenz an 3 Stellen (Pegelstand etwa 0,50 über gemitteltem Niederwasser, Rhein fallend): 18,0 mg — 13,0 mg — 12,0 mg, also durchschnittlich 14,3 mg.

c) Am 21. August 1899 bei Coblenz an 3 Stellen (Pegelstand etwas über gemitteltem Niederwasser, Rhein fallend): 60,0 mg — 61,5 mg — 37,5 mg, also durchschnittlich 53,0 mg.

4. Loock, Stadtchemiker zu Düsseldorf, Akten der Stadt Düsseldorf. Untersuchungen des Rheinwassers ober- und unterhalb der Stadt Düsseldorf vom 29. März bis 14. November 1901.

Durchschnitt aus 28 Untersuchungen:

Rückstand an gelösten und suspendierten Stoffen in mg					
Gesamtrückstand		Glührückstand		Glühverlust	
Oberhalb	Unterhalb	Oberhalb	Unterhalb	Oberhalb	Unterhalb
287	285	185	184	102	101
Nur suspendierte Stoffe:					
47	45	39	36	8	9

5. Nach den Untersuchungen der Cölner Wasserwerke schwankte der Abdampfrückstand des oberhalb der Stadt Cöln entnommenen Rheinwassers aus einer Anzahl während der letzten 5 Jahre entnommener Proben zwischen 170 und 310 mg im Liter.

6. Untersuchungen des Rheinwassers ober- und unterhalb des Kanalauslasses zu Cöln von Dr. Grosse-Bohle im Jahre 1902[1]). Die Einzelangaben sind in der Tabelle J zusammengestellt. Die Mittelwerte aus 12 Untersuchungen sind die folgenden:

Rückstand an suspendierten Stoffen in mg im l					
Gesamtrückstand		Glührückstand		Glühverlust	
Oberhalb	Unterhalb	Oberhalb	Unterhalb	Oberhalb	Unterhalb
272,50	270,60	228,1	226,0	44.10	44.20
rund 272,00				rund 44,00	
Nur suspendierte Stoffe:					
33,5	31,6	29,1	28.0	3.4	3.7
rund 35,00				rund 3,50	

Die Zahlen für den Glührückstand sind bei den Untersuchungen unter 4 bedeutend niedriger, die für den Glühverlust bedeutend höher

1) Diese Untersuchungen sind seither noch in weiterem Umfange fortgeführt worden und z. Z. noch nicht beendet. Die Ergebnisse bestätigen die aus den seitherigen Untersuchungen gezogenen Schlussfolgerungen und sollen demnächst veröffentlicht werden.

als bei den hiesigen Untersuchungen, während der Abdampfrückstand bei beiden Untersuchungen ziemlich gleich gefunden wurde. Diese Abweichungen lassen sich wohl nur auf Unterschiede in der analytischen Methodik zurückführen.

Es zeigen die Ergebnisse unter 1, 3 c sowie der Versuch XI der Cölner Tabelle J, dass bei Hochwasser oder Regen die Verunreinigung des Rheins auf das Vielfache emporschnellen kann und die durch das Kanalwasser zugeführten Stoffe an Menge hiergegen gar nicht in Betracht kommen.

Die etwaigen Niederschlagsmengen an den Untersuchungstagen sind in Tabelle J nicht angegeben worden, weil stundenweit ober- und auch unterhalb von Cöln auf dem linken Rheinufer keine und auf dem rechten Ufer nur ganz untergeordnete Wasserläufe einmünden und daher die Niederschläge bei Cöln für die Zusammensetzung des Rheinwassers nahezu bedeutungslos sind und richtiger die Gesamtmenge der Niederschläge im „ganzen Stromgebiete des Rheins und seiner Nebenflüsse“ in Betracht gezogen werden muss. Diese Niederschläge drücken sich durch den veränderlichen Pegelstand aus und lassen sich aus letzterem ihrer Menge nach bemessen. Zu berücksichtigen ist dabei nur, ob das Wasser nicht etwa von grosser Schneeschmelze in den Alpen herrührt, weil solches nur wenige organische suspendierte Stoffe führt.

Für die nachstehenden Erörterungen sollen die gefundenen Cölner Zahlen in folgender Abrundung Verwendung finden:

1. Wassermenge bei dem abnorm niederen Rheinwasserstand von 1,00 m C. P.: pro Sekunde 783 cbm.
2. Durchschnittliche Kanalwassermenge pro Sekunde: 0,637 cbm.
3. Verdünnungsverhältnis des Kanalwassers zum Rheinwasser:

$$\frac{0,637}{783} = \frac{1}{1230}$$

	für Rheinwasser	für Kanalwasser
4. Gesamtrückstand im Mittel der Versuche im Liter	274 mg	1195 mg
5. Gesamte suspend. Substanzen i. L.	35 „	303 „
6. „ gelöste „ „	239 „	892 „
7. Organische suspend. „ „	3,5 „	215 „
8. „ gelöste „ „	40,5 „	230 „

Es berechnet sich aus diesen Zahlen, wenn man ungünstigerweise den „abnorm niederen“ Rheinstand von 1,00 m C. P. und die für „Mittelwasser“ gefundenen Werte zu Grunde legt:

9. Der Gesamtrückstand pro Sekunde:

für Rheinwasser	für Kanalwasser
$\frac{274 \,.\, 1000 \,.\, 783}{1000 \,.\, 1000} = 214{,}54$ kg	$\frac{1195 \,.\, 1000 \,.\, 0{,}637}{1000 \,.\, 1000} = 0{,}76$ kg

	für Rheinwasser	für Kanalwasser
10. Die ges. suspend. Substanzen:	27,40 kg	0,193 kg
11. „ „ gelösten „	187,14 „	0,568 „
12. „ org. suspend. „	2,74 „	0,137 „
13. „ „ gelösten „	31,71 „	0,147 „

14. Bezeichnet man das Verhältnis der in einem Wasser enthaltenen festen Stoffe zur Wassermenge mit „Verunreinigungsverhältnis“, so ergeben sich aus vorstehenden Werten weiter die folgenden Zahlen:

	für Rheinwasser	für Kanalwasser	für Rheinwasser nach Einleitg. d. Kanalwassers
a) Für die Gesamtstoffe:	$\frac{274}{1000 \,.\, 1000} = \frac{1}{3649}$	$\frac{1195}{1000 \,.\, 1000} = \frac{1}{837}$	$\frac{274 + \frac{1195}{1230}}{1000 \,.\, 1000} = \frac{1}{3637}$
b) Für die ges. susp. Stoffe:	$\frac{1}{28571}$	$\frac{1}{3300}$	$\frac{1}{28400}$
c) „ „ org. „ „	$\frac{1}{285710}$	$\frac{1}{4652}$	$\frac{1}{272124}$

15. Nach den vorstehenden Angaben von Egger würden sich ferner für Hochwasser ergeben:

a) Gesamtrückstand pro Sekunde: $\frac{495 \,.\, 1000 \,.\, 783}{1000 \,.\, 1000} = 387{,}59$ kg

b) Verunreinigungsverhältnis für die Gesamtstoffe: $\frac{495}{1000 \,.\, 1000} = \frac{1}{2020}$

c) Verunreinigungsverhältnis für die suspendierten Stoffe: $\frac{249}{1000 \,.\, 1000} = \frac{1}{4016}$

16. Für das Rheinwasser nach Salomon unter 3 e:

a) Gesamtrückstand an suspendierten Stoffen pro Sekunde: $\frac{53 \,.\, 1000 \,.\, 783}{1000 \,.\, 1000} = 41{,}5$ kg

b) Verunreinigungsverhältnis für die

	für Kanalwasser		für Rheinwasser nach Einltg. d. Kanalwassers
suspendierten Stoffe:	$\frac{53}{1000\,.\,1000}$	$=$	$\frac{1}{18868}$

In nachstehender Tabelle sind die Hauptresultate dieser Berechnungen übersichtlich zusammengetragen:

Rhein- und Kanalwasser	Mengen pro Sekunde in kg				Verunreinigungsverhältnis bezüglich		
	Ges.-Stoffe	Gelöst. Stoffe	Susp. Stoffe	Organ. susp. Stoffe	Ges.-Stoffe	Susp. Stoffe	Organ. susp. Stoffe
Kanalwasser	0,76	0,568	0,193	0,137	$^1/_{837}$	$^1/_{3300}$	$^1/_{4062}$
Rheinwasser	214,54	187,14	27,40	2,74	$^1/_{3649}$	$^1/_{28571}$	$^1/_{285710}$
Rheinwasser nach Einleitung des Kanalwassers	215,30	187,71	27,59	2,88	$^1/_{3637}$	$^1/_{28400}$	$^1/_{272124}$
Rheinwasser n. Salomon 3c	—	—	41,5	—	—	$^1/_{18868}$	—
Rheinhochwasser n. Egger unter 1	387,59	192,62	194,97	—	$^1/_{2020}$	$^1/_{4016}$	—

Aus vorstehenden Berechnungen ersieht man in erster Linie, dass das unter 3 angegebene Verdünnungsverhältnis von $^1/_{1230}$, welchem nicht der gemittelte Niedrigwasserstand von 1,50 m C. P. (s. Tabelle J), sondern der abnorm niedere Rheinstand von + 1,00 m, welcher durchschnittlich nur an 6 Tagen im Jahr einzutreten pflegt, zu Grunde gelegt ist, ein ausserordentlich hohes und günstiges ist, insbesondere springt dieses ins Auge, wenn man dasselbe mit demjenigen anderer Städte vergleicht, wie beispielsweise für:

Frankfurt a. M. $\frac{0,50}{70} = \frac{1}{140}$

Cassel . . . $\frac{0,20}{12} = \frac{1}{60}$

Hannover . . $\frac{0,40}{12} = \frac{1}{30}$

Marburg . . $\frac{0,035}{4} = \frac{1}{111}$

Im Ferneren ist hier zu erwähnen, dass nach den statistischen Erfahrungen geringster Rheinwasserstand mit grösster Kanalwassermenge zeitlich wohl nie zusammenfallen, da das Niedrigwasser des

Rheins fast ausnahmslos in den Wintermonaten eintritt, in denen aber die Kanalwassermenge am geringsten ist.

Ferner geht daraus hervor, dass die im Kanalwasser enthaltenen Mengen an verunreinigenden Substanzen (0,76 — 0,568 — 0,193 und 0,137 kg) zu den im normalen Rheinwasser bereits vorfindlichen Stoffen (214,54 — 187,14 — 27,40 und 2,74 kg) geradezu verschwindend gering sind, sowie dass bei steigendem Rhein, welcher fast ausnahmslos durch Regenfälle verursacht wird, insbesondere aber bei Hochwasser (387,59 — 192,62 und 194,97 kg) noch eine ganz bedeutend höhere Verunreinigung eintritt. Wenn auch der Gehalt an gelösten Stoffen, auf das Liter berechnet, sich ziemlich gleich bleibt, so weisen die suspendierten Stoffe doch Schwankungen von 14 bis 81 mg (Vers. X u. XI der Tabelle J) oder pro Sekunde von 10,96 bis 63,42 kg auf, wogegen die im Kanalwasser berechnete Menge von 0,193 verschwindend klein ist, insbesondere, wenn man erwägt, dass ein Rheinstand von 1,00 m nur an 6 Tagen im Jahr vorkommt, dass aber Mittelwasser des Rheins (2,87 m am C. P.) nach Tabelle J an etwa 150 Tagen vorhanden ist und der Rhein alsdann 1870 cbm Wasser pro Sekunde führt, sowie dass ferner Regenfälle, bei welchen eine mehr oder minder grosse Verunreinigung des Flusses eintritt, auftreten wie folgt:

Regenfall	von	über	0,2	mm	an	durchschnittlich	etwa	150	Tagen
„	„	„	2,0	„	„	„	„	67	„
„	„	„	5,0	„	„	„	„	35	„
„	„	„	10,0	„	„	„	„	12	„

Das Verunreinigungsverhältnis bezüglich der Gesamtstoffe steigt nach der Einleitung der Kanalwässer von $\frac{1}{3649}$ auf $\frac{1}{3637}$, ist also verschwindend gering, sodass es erklärlich ist, warum eine Verunreinigung durch die Kanalwässer weder bei den Düsseldorfer noch bei den Cölner Untersuchungen auf chemischem Wege festgestellt werden konnte. Wenn auch eine spurenhafte Zunahme einzelner Bestandteile am linken Ufer eingetreten zu sein scheint, die übrigens durchweg innerhalb der natürlichen Fehlergrenzen der Untersuchungsmethode liegt, so kann sie den Nachweis einer solchen schon um deswegen nicht erbringen, weil häufig auch die Proben aus der Mitte und vom rechten Ufer ähnliche Schwankungen aufweisen und statt einer Zunahme auch bisweilen eine scheinbare Abnahme dieser Bestandteile gefunden wurde. Auch sind die Werte aus der Mitte und dem rechten Ufer vereinzelt höher als am linken Ufer.

„Es darf daher wohl als erwiesen betrachtet werden, dass durch die Einleitung der ungeklärten Cölner Kanalwässer in den Strom keine nennenswerte Verschlechterung des Wassers eintritt und dass die dadurch bewirkte Verunreinigung gegen diejenige, welche durch Regenfälle verursacht wird, erheblich zurücktritt.“

Einen sehr guten Gradmesser für die Flussverunreinigung bietet der in dem Wasser enthaltene Gehalt an Sauerstoff. Wie Tabelle J zeigt, beträgt derselbe in dem Rheinwasser unterhalb der Ausmündung der Kanalisation bei Einleitung des ungeklärten Kanalwassers noch ebensoviel wie oberhalb der Ausmündung. Das Wasser ist annähernd gesättigt mit Sauerstoff[1]). Es zeigt auch diese Tatsache, dass von einer in Betracht kommenden Verschlechterung des Rheinwassers nicht die Rede sein kann.

Die gewaltigen, rasch dahinströmenden Wasserfluten des Rheins bieten also den zum chemischen und biologischen Abbau der eingeleiteten, fein verteilten und ausserordentlich verdünnten organischen Substanzen nötigen Sauerstoff in ausreichender Menge, und die einzelnen Schmutzteilchen werden durch die grosse Wassergeschwindigkeit des Rheins, welche bei Cöln bei niedrigstem Wasserstande von + 1,00 C.P. noch etwa 1,03 m beträgt[2]) und daher die Geschwindigkeit des Kanalwassers im Hauptsammler wesentlich übertrifft, bis zu ihrer Auflösung und Umsetzung fortwährend in der Schwebe erhalten. Es können Sedimentierungen mit stinkenden Fäulnisvorgängen überhaupt nicht vorkommen, sind auch tatsächlich nie festgestellt worden, wie die wiederholten Baggerungen im Rheinbett erwiesen haben[3]).

Mit Rücksicht darauf, dass die Verhältnisse nach der beabsichtigten Klärung der Kanalwässer noch erheblich günstiger werden, sowie in Anbetracht des günstigen Umstandes, dass unterhalb von Cöln keinerlei Wasserentnahme für Trinkwasserzwecke stattfindet, dass das Grundwasser unter normalen Verhältnissen etwa 1 m über dem Rheinspiegel steht, dass der zunächst unter der Ausmündung belegene Ort Niehl an das stadtcölnische Wasserleitungsnetz angeschlossen ist und die Ortschaften

---

1) Nach den nach dieser Niederschrift fortgesetzten Rheinwasseruntersuchungen beträgt das sog. Sauerstoffdefizit im Mittel nur rund $^1/_2$ ccm pro Liter. Auch die Sauerstoffzehrung ist sehr gering und wird durch die Einleitung des Cölner Kanalwassers nicht bemerkenswert verändert.

2) Vergl. Tabelle J.

3) Kruse, Ueber die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Centralbl. f. öffentl. Gesundheitspflege. 1899. S. 46ff.

längs des Rheins, Merkenich, Rheinkassel und Langel, alle landeinwärts hinter dem Rheinhochwasserdamm belegen sind, liegen meines Erachtens die Bedenken einer Einleitung der Cölner Kanalwässer in den Rhein weniger in der chemischen Verunreinigung des letzteren durch die eingeführten Schmutzstoffe und der Gefahr einer schädlichen Sedimentierung als in der physikalischen Natur eines Teiles derselben, nämlich der Schwimm- und Schwebestoffe. Diese bilden meistens die gröberen Stoffe, haben ein festes Gefüge und fallen dadurch weniger leicht und rasch der Zersetzung anheim als die ganz fein zerteilten suspendierten Sinkstoffe. Sie schwimmen auf der Oberfläche oder doch in der Nähe derselben und können daher auf ihrem langen Wege, welchen sie zu Wasser zurücklegen, zumal sie auf der Oberfläche schwimmen und daher dem Einflusse des Windes ausgesetzt sind, an das Land getrieben werden und unter Umständen Anlandungen an flachen Uferstellen herbeiführen. Wenn sie dadurch vielleicht auch weniger zu hygienischen Bedenken Veranlassung geben, so ist doch ihr Anblick ein sehr in die Augen fallender missständiger, ekelerregender, dem Charakter eines Flusslaufes durchaus widersprechender und geeignet, die Freude an der Natur zu verderben. Meines Erachtens ist es daher Pflicht der Gemeinde, diesem Uebelstand auf alle Fälle vorzubeugen, zumal dieses durch geeignete Siebvorrichtungen ohne Hervorrufung gesundheitlicher Bedenken mit erschwingbaren Mitteln zu ermöglichen sein wird.

Die Reinigung der Siebe und die Beseitigung der Schmutzstoffe wird möglichst automatisch einzurichten sein. Das Quantum der abgefangenen Stoffe wird alsdann kleiner sein als dasjenige des verwässerten Klärbeckenschlammes, und es wird dadurch vor allen Dingen erreicht, dass die Stoffe nicht verwässert sind, dadurch viel weniger schnell der Zersetzung anheimfallen, ein geringeres Volumen bieten und sich leichter transportfähig erweisen, sodass nicht nur finanzielle, sondern auch wesentlich gesundheitliche Vorteile erzielt werden.

Meines Erachtens wird daher auch für Cöln eine Siebanlage unter Fortfall der Klärbeckenreinigung vollständig ausreichen und anzustreben sein. Das vorhandene Becken kann bestehen bleiben und würde bei Ausbruch von Epidemieen zur Desinfizierung der Kanalwässer praktische Verwendung finden können.

Eine Siebvorrichtung von etwa 3—2 mm Abstand der Gitterstäbe nebst kleinem Sandfang würde meiner Auffassung nach für eine

genügende Reinigung der Cölner Kanalwässer ausreichen." Sollte die Erfahrung zeigen, dass der vorgeschlagene Gitterabstand zu gross ist, so kann derselbe nach Erfordernis noch verkleinert werden. Leider ist eine ganz befriedigende Konstruktion dieser Siebanlagen für grosse Städte noch nicht zur Ausführung gekommen, und auch Düsseldorf[1] und Frankfurt a. M., wo schon seit Jahren nach dieser Richtung hin gearbeitet wird, sind bis heute zu keinem definitiven Siebbetriebe gelangt.

Herr Riensch hat noch in letzter Zeit sein in Marburg, Torgau etc. angewandtes System einer grossen Abänderung unterzogen, und ob sich das Wiesbadener System Schneppendahl für grosse Städte nach allen Richtungen hin bewährt, dürfte vorerst abzuwarten sein. Auch für Cöln wird diese Frage zur Zeit ernstlich bearbeitet und Probeversuche ausgeführt, doch können heute definitive Vorschläge für die Siebanlage noch nicht gemacht werden.

VI. Schlussfolgerungen und Anträge.

Wenn man die vorstehend mitgeteilten Ergebnisse bezüglich der Entwässerungsverhältnisse von Cöln nochmals kurz zusammenfasst, so ist folgendes festzustellen.

Die Einführung der Cölner Kanalwässer erfolgt mehrere Kilometer unterhalb der angebauten Stadt durch ein weit in die Strömung des Flusses hinein und tief unter den Niedrigwasserspiegel desselben verlegtes Auslassrohr, so dass eine ausreichende und rasche Verdünnung derselben durch die gewaltigen Wassermassen des Rheines gesichert und eine gesundheitlich bedenkliche Verschlechterung des Rheinwassers und eine Verlandung von Schmutzstoffen verhindert wird. Eine Entnahme von Wasser zu Trinkwasserzwecken findet unterhalb der Ausmündungsstelle nicht statt; auch liegen die dortigen Ortschaften vom Ufer ziemlich weit entfernt landeinwärts hinter den Hochwasserdämmen des Rheins. Der zunächst in Betracht kommende Ort Cöln-Niehl ist an die städtische Wasserleitung angeschlossen.

Der Rhein führt bei dem niederen Wasserstande von + 1,00 m C. P. noch eine Wassermenge von 783 cbm pro Sekunde mit einer Geschwindigkeit von 1,03 m. Die sekundliche Kanalwassermenge

1) In Düsseldorf ist eine Riensch'sche Anlage inzwischen im Betriebe.

beträgt 0,637 cbm und somit ist das Verdünnungsverhältnis 1 : 1230; dasselbe ist daher als ein ausserordentlich günstiges zu bezeichnen. Die Gesamtmenge der suspendierten Substanzen, welche bei Beurteilung der Sachlage eine hervorragende Rolle spielen, beträgt im Rheinwasser pro Sekunde 27,40 kg und steigt nach Einleitung der ungeklärten Kanalwässer in den Rhein um 0,19 kg, also um etwa den 144. Teil, so dass sich das Verunreinigungsverhältnis desselben von 1 : 3649 auf 1 : 3637, also nur äusserst wenig erhöht und bedeutend geringer ist als die Zunahme bei Regenfällen oder höherem Rheinwasserstande, wie solcher fast die Hälfte des Jahres vorhanden ist. Eine chemische Verunreinigung des Rheinwassers durch die ungereinigten Kanalwässer ist schon mehrere Kilometer unterhalb der Auslassstelle chemisch nicht mehr sicher nachweisbar. Sedimentierungen oder Verlandungen am Ufer sind mit Ausnahme eines Falles, wo nach Hochwasser eine kleine Verlandung durch eine Beschädigung der Auslassklappe hervorgerufen war, bei dem langjährigen Bestehen des Auslasses nicht vorgekommen. Die Cölner Kanalwässer sind verhältnismässig sehr rein, der Durchschnittsgehalt derselben an organischen suspendierten Bestandteilen beträgt nur 215 mg im Liter, also nicht viel mehr als der Gehalt der geklärten Abwässer anderer Städte mit bedeutend schlechteren Vorflutverhältnissen. „Unter Zugrundelegung eines gleichen Gradmessers würde man daher die Einleitung der Cölner ungereinigten Kanalwässer in den Rhein als nicht bedenklich bezeichnen dürfen."

Der Kläreffekt des Cölner Beckens ist bezüglich der suspendierten organischen Substanzen, auf welche es bei der mechanischen Klärung vorzüglich ankommt, ein sehr hoher, was im wesentlichen der Form des Beckens zugeschrieben wird. Derselbe ist für Durchflussgeschwindigkeiten von 4 mm bis 20 mm, also bis zum fünffachen ersterer Geschwindigkeit, beinahe vollständig gleich und beträgt für dieselben, unter Weglassung der Nachtstunden, in welchen das einfliessende Wasser zumeist reiner ist als das geklärte Wasser der übrigen Tageszeiten, durchschnittlich 72,31 bezw. 69,08 %. Selbst bei einer Geschwindigkeit von 77 mm wurde, abgesehen von dem Einflusse der Vorreinigung in der Siebanlage, noch eine Abnahme von 42 % erzielt. Bei einer Klärgeschwindigkeit von 70—80 mm würde noch mehr als die Hälfte der suspendierten organischen Bestandteile ausgeschieden werden, wenn man den Effekt der Siebanlage mit in Betracht zieht.

Digitized by Google

Die Beckenklärung ist aber mit vielen Nachteilen verbunden, weil die ursprünglich festeren Schmutzstoffe in den Becken teilweise aufgelöst und verwässert werden und bei dem Mangel an ausreichendem Sauerstoff sehr rasch in stinkende Fäulnis übergehen, belästigenden Geruch verbreiten, durch ihren erhöhten Wassergehalt mehr Volumen einnehmen, grössere Schlammlager beanspruchen, längere Zeit lagern müssen und weniger transportfähig sind.

Selbst bei dem seitherigen Probebetriebe hat es schon schwer gehalten, den im Klärbecken gewonnenen Schlamm an die Landwirtschaft unterzubringen, während die Siebstoffe gern abgenommen und noch eine Vergütung dafür geleistet wird.

Da es bei den Cölner Vorflutverhältnissen nicht darauf ankommen kann, den feinsten Teil der suspendierten Stoffe, welcher im Rhein sowieso am leichtesten und schnellsten einer unschädlichen Umsetzung anheimfällt, in Klärbecken auszuscheiden, weil dadurch hygienische und finanzielle Bedenken entstehen, es vielmehr „nach Lage der Sache nur geboten erscheint, eine ausreichende Ausscheidung der Schwimm- und Schwebestoffe zu erreichen", welche zu Verlandungen an den Ufern neigen und eintretendenfalls zu erheblichen ästhetischen Bedenken Veranlassung geben würden, so wird es Pflicht der Stadt Cöln sein, diese Aufgabe in befriedigender Weise zu lösen. Eine solche Lösung lässt sich durch Errichtung geeigneter Siebanlagen in hygienisch einwandfreier Weise erzielen. Die Unterbringung der in der Siebanlage abgefangenen Stoffe bereitet bei dem geringeren Volumen und geringen Wassergehalt derselben viel weniger Schwierigkeit, und die Transportfähigkeit wird erhöht. Nach längerer Lagerung, Vermischung mit Torfstreu werden diese Stoffe einen brauchbaren transportfähigen Dünger abgeben, welcher auf Verwendung durch die Landwirtschaft rechnen darf.

Unter Aufgabe der Beckenklärung wird daher beantragt, für Cöln eine Reinigung zuzulassen, welche nach Abscheidung der groben Sinkstoffe eine Entfernung der Schwimm- und Schwebestoffe bis zu 3 mm Grösse durch geeignete Siebanlagen erreicht, und bis zur Vorlage eines desfallsigen Projektes die heute bestehende Siebanlage mit Klärbecken mit der Massgabe zum „definitiven Betriebe" zuzulassen, dass die Nachtwässer direkt nach dem Rhein abgelassen werden können, um während dieser Zeit eine Reinigung des Beckens zu ermöglichen.

Erwähnt mag noch werden, dass dieser vom 28. Februar v. J. datierte Bericht, vor Einreichung bei der Königl. Regierung, der Königl. Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zur gutachtlichen Aeusserung zugestellt worden ist. Dieses Gutachten ist am 1. August v. J. eingegangen und erklärt sich im allgemeinen mit den Ausführungen einverstanden. Einige Unklarheiten und Unvollständigkeiten des Berichtes, worauf die Prüfungsstation aufmerksam machte und wofür ich derselben besten Dank ausspreche, sind in dem vorliegenden Aufsatze ergänzt worden.

Nachschrift. Die Anträge der Stadt Cöln sind von der Aufsichtsbehörde unter der Voraussetzung genehmigt, dass der Betrieb der Kläranlage und die Einwirkung der Kanalwässer auf den Rhein einer fortdauernden hygienisch-sachverständigen Beaufsichtigung unterstellt wird; auch ist die Stadt verpflichtet, die zur Abstellung etwa auftretender Missstände erforderlichen Massnahmen nach der Bestimmung der Aufsichtsbehörde auszuführen, falls sich Unzuträglichkeiten infolge unzureichender Wirkung der Reinigungseinrichtungen ergeben sollten.

Die Zusammensetzung des

A. Nach Prof. Dr. Fraenkel

Datum	Kanalwasser	Kanalluft	Aussenluft	Ges. feste Stoffe mg i. 1 l	Ges. organ. Stoffe mg i. 1 l	Ges. Min.-Stoffe mg i. 1 l	Suspendierte Stoffe Ges.- mg i. 1 l	Suspendierte Stoffe organ. mg i. 1 l	Suspendierte Stoffe Min.- mg i. 1 l	Gelöste Ges.- mg i. 1 l	Gelöste organ. mg i. 1 l
18. Jan. 1898	14	12,7	+ 0,7	1320	610	710	430	—	—	—	—
20. Apr. 1898	18	16,0	+ 10,8	1104	324	780	248	—	—	—	—
12. Mai 1898	17,3	15,25	+ 10,5	1008	304	704	280	—	—	—	—
14. Juni 1898	20	18,75	+ 14,1	980	420	560	256	—	—	—	—
27. Juli 1898	20,75	19,75	+ 18,0	916	156	760	128	36	92	788	120
4. Aug. 1898	21,5	21,25	+ 23,0	936	416	520	148	92	56	788	324
4. Okt. 1898	19,1	19,1	+ 10,75	1052	456	596	248	184	64	804	272
3. Nov. 1898	17,1	15,25	+ 12,75	1166	486	680	326	148	178	840	338
6. Dez. 1898	18,5	17,25	+ 4,75	1504	904	600	704	376	328	800	528
26. Jan. 1899	17,75	16,0	+ 0,32	1002	400	602	143	97	46	859	303
1. März 1899	14,5	11,75	+ 2,50	1262	600	662	315	295	20	947	305
29. März 1899	13,5	14,5	+ 12,50	1085	420	665	230	140	90	855	280
21. Juli 1899	21,5	22,0	+ 22,0	1055	490	565	245	195	50	810	295
17. Nov. 1899	19,5	18,3	+ 2,3	1050	280	770	250	185	65	800	98
Mittelwerte:	—	—	—	1103	448	655	282	175	99	829	286

B. Nach Dr. Grosse-

Nach Unters. v. Okt. 1900 bis November 1902 Tabelle K.	—	—	—	1194,8	444,8	750,2	303,0	214,6	87,7	892,0	229,5

Versuche mit 4 mm

Beobachtungen, Messungen

Des Versuches Bezeichnung	Des Versuches Datum	Des Versuches Dauer	Des Versuches Zeit	Lufttemperatur höchste ° R.	Lufttemperatur niedrigste ° R.	Lufttemperatur mittlere ° R.	Mittlere Wassertemp. Einlauf ° R.	Mittlere Wassertemp. Ablauf ° R.
I	11. Jan. 01	24 Std.	8 V — 7 V	+ 0,5	— 4	— 2	+ 12,5	+ 11,0
IX	8. Okt. 01	„	„	+ 8	+ 7	+ 7,5	+ 15	+ 14,2
VI	25. Nov. 01	„	„	+ 8	+ 6	+ 7	+ 14,5	+ 14
VII	28. Nov. 01	„	„	+ 4	+ 0	+ 1,6	+ 13,3	+ 11,2
X	10. Dez. 01	„	„	+ 4	+ 1	+ 2,8	+ 13,3	+ 12,3
XI	13. Dez. 01	„	„	+ 4	+ 1	+ 2,9	+ 12,9	+ 11,5
XIV	28. Dez. 01	„	„	+ 6	+ 2	+ 3	+ 12,4	+ 11,4
XVI	8. Jan. 02	„	„	+ 5	+ 2	+ 2,4	+ 12,1	+ 11,1
XVIII	12. Jan. 02	„	„	+ 7	+ 4	+ 5,6	+ 11,0	+ 10,0
XXIV	14. Febr. 02	„	„	+ 4,5	— 8	— 3,2	+ 11,6	+ 10,5
XXX	10. März 02		„	+ 12	— 2	+ 3,2	+ 12,5	+ 11,6
	11. März 02	3 Tage	„	—	—	—	—	—
	12. März 02		„	—	—	—	—	—
XXXVII	2. Juni 02	24 Std.	„	+ 24	+ 12	+ 20	+ 16	+ 15,4
XXXVIII	5. Juni 02	„	„	+ 16,5	+ 8	+ 12,2	+ 16	+ 15,5
XLI	8. Juli 02	„	„	+ 24	+ 13	+ 18	+ 16,8	+ 16,0
XLV	6. Okt. 02	2 Tage	„	+ 9	+ 6	+ 7,4	+ 14,7	+ 13,6
	7. Okt. 02	„	„	+ 12	+ 5,5	+ 8,3	+ 15	+ 14

1) Diese Zahlen sind bei der Berechnung des Mittelwertes wegen ihrer anormalen Höhe

Digitized by Google

Cölner Kanalwassers.
in Halle a. S.

Tabelle A.

Stoffe Min.- mg i. 1 l	Stickst. mg i. 1 l	Ammon.-stickstoff mg i. 1 l	Chlor-gehalt mg i. 1 l	Kalium-permang.-verb.unfilt. mg i. 1 l	Kalium-permang.-verbr. filt. mg i. 1 l	Salpetrige Säure mg i. 1 l	Salpeter-Säure mg i. 1 l	Org.Stick-stoff a. d. Differenz mg i. 1 l	Albumin.-stickstoff mg i. 1 l	Schwefel-wasserstoff mg i. 1 l	Stickstoff-geh. der susp.Stoffe mg i. 1 l
—	—	49	190	[3660 [4])]	[3204 [3])]	—	—	—	—	—	—
—	—	39	140	695	581	—	—	—	—	—	—
—	—	32	90,6	610	600	—	—	—	—	—	—
—	—	27	266,0	852	564	—	—	—	—	—	—
668	39	25	126,0	455	252	—	—	—	—	—	—
464	28	16,8	112,0	515	442	—	—	—	—	—	—
532	24	28	130,0	328	252	—	—	—	—	—	—
502	65	39,0	153,0	758	569	—	—	—	—	—	—
272	65	31,0	125,0	885	650	—	—	—	—	—	—
536	49	34,0	171,0	581	480	—	—	—	—	—	—
642	59	38,0	150,0	948	607	—	—	—	—	—	—
575	53	37,8	135,0	853	556	—	—	—	—	—	—
515	43	27,0	149,0	644	581	—	—	—	—	—	—
705	52	35,0	143,0	560	442	—	—	—	—	—	—
543	48	32,8	149	668	506	—	—	—	—	—	—
Behle in Cöln,											
662,5	55	30	140	—	275	4 (0)	12 (0)	20	6	0	9

Klärgeschwindigkeit.
und Probenahme.

Tabelle B.

Wetter	Wind	Kanalwassermenge insgesamt	Kanalwassermenge durch die Kläranlage	Anz. der Prob. für die chem. Untersuch. Entnomm. Einzelprob. Einlauf	Entnomm. Einzelprob. Ablauf	Unters. Sammelprob. Einlauf	Unters. Sammelprob. Ablauf
klar	S.W.	40 400	5184	24	24	24	24
„	W.S.W.	59 790	5270	24	24	24	24
bewölkt	O.	59 790	5357	24	24	4	4
„	W.N.W.	57 970	5184	24	24	4	4
klar	W.	57 950	5184	24	24	4	4
„	S.O.	62 170	5184	24	24	4	4
teilweise Regen	S.O.	64 658	5184	24	24	4	4
trüb	S.W.	54 432	5184	24	24	4	4
„	S.	42 509	4925	24	24	4	4
klar	N.N.O.	65 081	5184	24	24	4	4
„	N.N.O.	63 643	4923	24	24	4	4
„	O.	65 081	4752	24	24	4	4
bewölkt	S.O.	67 561	4666	24	24	4	4
klar	N.W.	74 839	4838	144	144	8	8
hell	N.W.	73 716	5098	24	24	4	4
bewölkt	N.W.	70 571	5184	24	24	4	4
trüb	S.W.	51 149	5184	24	24	2	2
schwacher Regen	S.W.	58 155	5184	24	24	2	2

nicht berücksichtigt worden.

Versuche mit 20 mm

Beobachtungen, Messungen

Des Versuches				Lufttemperatur			Mittlere Wassertemperatur	
Bezeichnung	Datum	Dauer	Zeit	höchste ° R.	niedrigste ° R.	mittlere ° R.	Einlauf ° R.	Ablauf ° R.
II	25. Jan. 01	24 Stunden	8 V — 7 V	+ 9	+ 2	+ 4,5	+ 12,9	+ 12,1
III	24. Mai 01	„	„	+ 18	+ 7	+ 12,5	+ 13,8	+ 12,6
V	29. Okt. 01	„	„	+ 17	+ 2	+ 6	+ 15	+ 14,5
VIII	2. Dez. 01	„	„	+ 6	+ 5	+ 5,2	+ 13,6	+ 12,9
IX	5. Dez. 01	„	„	+ 7	— 4	— 0,8	+ 13,5	+ 13,2
XII	17. Dez. 01	„	„	— 3,5	— 7	— 4,7	+ 12	+ 11,0
XIII	20. Dez. 01	„	„	+ 3	+ 0	+ 1,5	+ 12,9	+ 11,9
XV	4. Jan. 02	„	„	+ 9	+ 4	+ 7,3	+ 13	+ 12
XIX	15. Jan. 02	„	„	+ 3	— 1,0	+ 1,7	+ 12,1	+ 11,1
XX	19. Jan. 02	„	„	+ 4	— 2	+ 1,5	+ 11,4	+ 10
XXI	22. Jan. 02	„	„	+ 8,5	+ 7	+ 7,8	+ 12,8	+ 12,2
XXXI	17. März 02	„	„	+ 12	+ 3	+ 7,3	+ 12,6	+ 12
	18. März 02	3 Tage	„	+ 12	+ 6	+ 8,3	+ 13,3	+ 12,7
	19. März 02		„	+ 14	+ 4	+ 8,1	+ 13,4	+ 12,8
XXXV	29. Apr. 02	24 Stunden	„	+ 13	+ 3	+ 7,3	+ 13,8	+ 13,1
XXXIX	12. Juni 02	„	„	+ 19	+ 10	+ 14,8	+ 15,6	+ 14,7
XL	3. Juli 02	„	„	+ 19	+ 8,5	+ 13,3	+ 16,7	+ 15,6
XLII	15. Juli 02	„	„	+ 29,5	+ 15	+ 19,5	+ 16,8	+ 16,4
XLIX	16. Sept. 02	2 Tage	„	+ 13,5	+ 8,5	+ 11,0	+ 16,1	+ 15,4
	17. Sept. 02		„	+ 14	+ 7	+ 9,5	+ 15,9	+ 15,6
XLVI	3. Nov. 02	3 Tage	„	+ 11	+ 2	+ 5,7	+ 14	+ 13,6
	4. Nov. 02		„	+ 9,5	+ 2	+ 4,5	+ 14,6	+ 14,1
	5. Nov. 02		„	+ 11,5	+ 3	+ 6,9	+ 14,3	+ 13,5

Versuche mit 40 mm

Beobachtungen, Messungen

XVII	10. Jan. 02	18 Stunden	8 V 1 V	+ 7	+ 4	+ 5,2	+ 12,3	+ 11,8
XXII	31. Jan. 02	„	„	+ 4	+ 1	+ 2,4	+ 12,9	+ 12,1
XXIII	4. Febr. 02	„	„	+ 7	+ 0	+ 2,2	+ 12,5	+ 12
XXV	17. Febr. 02	„	„	+ 3,5	— 2	+ 1,6	+ 11,7	+ 11,4
XXVI	19. Febr. 02	„	„	+ 6	+ 1	+ 2,4	+ 12,8	+ 11,7
XXVII	22. Febr. 02	„	„	+ 12	— 1	+ 4,3	+ 12,7	+ 11,8
XXVIII	2. März 02	„	„	+ 16	+ 3	+ 7,7	+ 11,6	+ 10,6
XXIX	6. März 02	„	„	+ 16	+ 2	+ 6,2	+ 12,3	+ 11,4
XXXII	24. März 02	„	„	+ 9	+ 3	+ 6	+ 12,9	+ 12,1
XXXIII	1. Apr. 02	„	„	+ 11	+ 6,5	+ 9,3	+ 12,8	+ 12,1
	2. Apr. 02	3 Tage à 18 Std.	„	+ 14	+ 3	+ 8,2	+ 13,7	+ 13,1
	3. Apr. 02		„	+ 10	+ 4	+ 7,2	+ 13,2	+ 12,5
XXXVI	13. Mai 02	2 Tage à 18 Std.	„	+ 9	+ 2	+ 5,7	+ 13	+ 12,3
	14. Mai 02		„	+ 10,5	+ 2	+ 6,9	+ 13	+ 12,4
XLIII	9. Sept. 02	2 Tage à 18 Std.	„	+ 20	+ 9	+ 15,5	+ 16,4	+ 16,1
	10. Sept. 02		„	+ 20	+ 12,5	+ 16,8	+ 17,0	+ 16,5

Digitized by Google

Klärgeschwindigkeit.
und Probenahme.

Tabelle B.

Wetter	Wind	Kanalwassermenge		Anzahl der Proben für die chemische Untersuchung			
				Entnomm. Einzelprob.		Entn. Sammelprob.	
		insgesamt	durch die Kläranlage	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf
bewölkt	S.W.	46640	25920	24	24	24	24
klar	S.O.	55296	25920	24	24	4	4
klar	S.W.	59790	25963	24	24	24	24
bewölkt	S.W.	61600	25920	24	24	4	4
klar	S.O.	52704	26000	-	-	-	-
trübe	S.O.	53154	25400	-	-	-	-
bewölkt	N.W.	59639	25266	-	-	-	-
ziemlich klar (Nachts Regen)	W.	67876	26266	-	-	-	-
bewölkt	S.W.	46720	24710	-	-	-	-
trübe	S.W.	48499	26266	-	-	-	-
trübe	S.W.	39542	23674	-	-	-	-
hell	N.W.	67575	26804	-	-	-	-
bewölkt	N.W.	69098	26266	-	-	-	-
bewölkt	N.O.	73330	26266	-	-	-	-
ziemlich klar	N.O.	64685	26266	144	144	8	8
z. T. Regen	S.O.	63232	26266	144	144	8	8
bewölkt	N.	70191	26352	24	24	4	4
z. T. Regen	N.	70191	25920	144	144	8	8
schw. Regen	S.W. stark	65968	26266	24	24	4	4
bewölkt	W. stark	65232	25920	-	-	-	-
bewölkt	S.	—	26179	-	-	-	-
bewölkt	S.O. stark	—	26352	-	-	2	2
z. T. Regen	S.O. stark	—	26266	-	-	4	4

Klärgeschwindigkeit.
und Probenahme.

Nebel	S.W.	43333	41386	18	18	6	6
klar	O.	60614	36536	18	18	3	3
klar	O.	68105	36659	-	-	-	-
bewölkt	N.W.	69494	36720	-	-	-	-
bewölkt	N.	75081	36781	-	-	-	-
klar	SS.O.	72655	36781	-	-	-	-
klar	N.W.N.	51217	36598	-	-	-	-
klar	S.O.	64400	36590	-	-	-	-
bewölkt	SS.W.	ca. 65000	36842	-	-	-	-
trübe	W.N.W.	65157	36781	-	-	-	-
leicht bewölkt	N.W.	68132	36781	-	-	-	-
trübe	S.O.	71305	36842	-	-	-	-
z. T. Regen	N.W.	59422	38666	-	-	-	-
z. T. Regen	N.W.	50368	38880	-	-	-	-
bewölkt	S.O.	68313	36720	-	-	-	-
schw. Regen	N.O.	67770	36720	-	-	-	-

Zusammenstellung der chemischen Ergebnisse

Datum	Dauer des Versuchs	Bezeichnung des Versuchs	Probeentnahme am: Einlauf Stund.-Probe von	bis	Proben-Anz.	Ablauf Stunden-Probe von	bis	Proben-Anz.	Chemische U…: Ges. feste Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. feste Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Einlauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Ablauf mg i. l.	Ges. orga… Einlauf mg i. l.	Ges. orga… Ablauf mg i. l.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
25. u.	24	VI	8 V	1 N	6	11,40 V	4,40 N	6	1268	1028	728	668	540	[illegible]
26.			2 N	7 N	6	5,40 N	10,40 N	6	1445	1108	813	730	632	[illegible]
Nov. 01			8 N	1 V	6	11,40 N	4,40 V	6	1193	900	735	638	458	[illegible]
Montag			2 V	7 V	6	5,40 V	10,40 V	6	683	710	515	575	168	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1147	937	698	653	450	[illegible]
28.	24	VII	8 V	1 N	6	11,40 V	4,40 N	6	1415	1033	813	683	602	[illegible]
Nov. 01			2 N	7 N	6	5,40 N	10,40 N	6	1438	1058	813	703	625	[illegible]
Donnerstag			8 N	1 V	6	11,40 N	4,40 V	6	1140	903	725	653	415	[illegible]
			2 V	7 V	6	5,40 V	10,40 V	6	795	743	590	560	205	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1197	934	735	649	462	[illegible]
10. u.	24	X	8 V	1 N	6	11,40 V	4,40 N	6	1448	1040	835	675	633	[illegible]
11.			2 N	7 N	6	5,40 N	10,40 N	6	1548	1115	848	730	700	[illegible]
Dez. 01			8 N	1 V	6	11,40 N	4,40 V	6	1220	1023	825	713	395	[illegible]
Dienst.			2 V	7 V	6	5,40 V	10,40 V	6	755	763	565	580	190	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1248	985	768	675	480	[illegible]
13. u.	24	XI	8 V	1 N	6	11,40 V	4,40 N	6	1333	1108	745	693	588	[illegible]
14.			2 N	7 N	6	5,40 N	10,40 N	6	1450	1130	833	740	617	[illegible]
Dez. 01			8 N	1 V	6	11,40 N	4,40 V	6	1175	983	748	685	427	[illegible]
Freitag			2 V	7 V	6	5,40 V	10,40 V	6	788	720	580	530	208	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1187	985	727	662	460	[illegible]
28. Dez.	24	XIV	8 V	1 N	6	11,40 V	4,40 N	6	1293	965	698	625	595	[illegible]
01			2 N	7 N	6	5,40 N	10,40 N	6	1473	1035	780	668	693	[illegible]
Sonnabend			8 N	1 V	6	11,40 N	4,40 V	6	1135	938	683	628	452	[illegible]
			2 V	7 V	6	5,40 V	10,40 V	6	768	605	485	408	283	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1167	886	662	582	506	[illegible]
8. Jan.	24	XVI	8 V	1 N	6	11,40 V	4,40 N	6	1303	1068	783	708	520	[illegible]
02			2 N	7 N	6	5,40 N	10,40 N	6	1570	1173	900	775	670	[illegible]
Mittwoch			8 N	1 V	6	11,40 N	4,40 V	6	1460	1143	870	793	590	[illegible]
			2 V	7 V	6	5,40 V	10,40 V	6	993	873	718	680	275	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1332	1064	818	739	514	[illegible]
12. Jan.	24	XVIII	8 V	1 N	6	11,40 V	4,40 N	6	1348	1120	740	685	608	[illegible]
02			2 N	7 N	6	5,40 N	10,40 N	6	1405	1073	743	665	662	408
Sonntag			8 N	1 V	6	11,40 N	4,40 V	6	1103	1073	603	638	500	[illegible]
			2 V	7 V	6	5,40 V	10,40 V	6	795	718	510	513	285	205
						Tagesdurchschnitt			1163	996	649	625	514	371

er Klärversuche mit 4 mm Geschwindigkeit.

Tabelle C1.

suchung der Proben												Differenz d. susp. organ. Stoffe	Abnahme
es. gelöste St.		Gel. miner. St.		Gel. org. Stoffe		Ges. susp. St.		Susp. miner. St.		Susp. org. Stoffe			
inlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
ng i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
16	17	18	19	20	21	22	53	24	25	26	27	28	29
920	915	635	640	285	275	348	113	93	28	255	85	170	66,7
1063	1000	725	700	338	300	382	108	88	30	294	78	216	73,5
840	793	628	613	212	180	353	107	107	25	246	82	164	66,7
635	680	503	565	132	115	48	30	12	10	36	20	16	44.4
865	847	623	630	242	218	283	90	75	23	207.8	66.3	141.5	68.09
955	945	665	673	290	272	460	88	148	10	312	78	234	75,0
995	963	688	685	307	278	443	95	125	18	318	77	241	75,8
880	860	643	633	237	227	260	43	82	20	178	23	155	87,1
678	700	528	545	150	155	117	43	62	15	55	28	27	50,0
877	867	631	634	246	233	320	67	104	16	215,8	51,5	164,3	76,14
988	933	705	658	283	275	480	107	130	17	350	90	260	74,3
1060	1025	730	710	330	315	488	90	118	20	370	70	300	81,1
1023	960	733	700	290	260	197	63	92	13	105	50	55	52.4
700	730	540	573	160	157	55	33	25	7	30	26	4	13,3
943	912	677	660	266	252	305	73	91	14	213,8	59,0	154,8	72,40
950	963	663	666	287	297	383	145	82	27	301	118	183	60,8
1053	1030	725	705	328	325	397	100	108	35	289	65	224	77,5
963	920	683	663	280	257	212	63	65	22	147	41	106	72.1
708	690	545	525	163	165	80	30	35	5	45	25	20	44.4
919	901	654	640	265	261	268	85	73	22	195,5	62,3	133,2	68.13
893	868	603	605	290	263	400	97	95	20	305	77	228	74,8
1020	960	665	648	355	312	453	75	115	20	338	55	283	83,7
865	855	610	603	255	252	270	83	73	25	197	58	139	70,6
398	448	280	328	118	120	370	160	205	80	165	77	88	53,3
794	783	540	546	255	237	373	104	122	36	251,3	66,8	184,5	73,42
955	985	673	678	282	307	348	83	110	80	238	58	185	77,7
1155	1080	783	763	372	317	415	93	117	12	298	81	217	72,8
1120	1065	793	783	327	282	340	78	77	10	263	68	195	74.1
935	868	718	673	217	195	58	(5) Spuren	0	(5) Spuren	58	0	58	100
1041	1000	742	724	300	275	290	65	76	14	214,3	50,5	163,8	76,43
978	1008	665	670	313	338	370	112	75	15	295	97	198	67,1
1063	973	680	655	383	318	342	100	63	10	279	90	189	67,7
855	940	530	573	325	367	248	133	73	65	175	68	107	61,2
735	700	500	503	235	197	60	18	10	10	50	8	42	84.0
908	905	594	600	314	305	255	91	55	25	199,8	65,8	134.0	67,07

Zusammenstellung der chemischen Ergebnis[se]

Datum	Dauer des Versuchs	Bezeichnung des Versuchs	Probeentnahme am: Einlauf Stund.-Probe von	bis	Proben-Anz.	Ablauf Stunden-Probe von	bis	Proben-Anz.	Chemische L…: Ges. feste Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. feste Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Einlauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Ablauf mg i. l.	Ges. org… Einlauf mg i. l.	… mg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	[illegible]
14. Feb. 02 Freitag	24	XXIV	8 V	1 N	6	11,40V	4,40N	6	1248	1113	780	710	468	[illegible]
			2 N	7 N	6	5,40N	10,40N	6	1468	1160	810	728	658	[illegible]
			8 N	1 V	6	11,40N	4,40V	6	1165	918	680	618	485	[illegible]
			2 V	7 V	6	5,40V	10,40V	6	713	683	520	525	193	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1149	969	698	645	451	[illegible]
5. Juni 02 Donnerstag	24	XXXVIII	8 V	1 N	6	11,40V	4,40N	6	1098	875	710	665	388	[illegible]
			2 N	7 N	6	5,40N	10,40N	6	1218	883	785	678	433	[illegible]
			8 N	1 V	6	11,40N	4,40V	6	910	743	653	590	257	[illegible]
			2 V	7 V	6	5,40V	10,40V	6	680	683	545	560	135	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			977	796	673	623	303	[illegible]
10. März 02 Montag	3 Tage (1. Tag)	XXX	8 V	1 N	6	11,40V	4,40N	6	1343	1018	740	648	603	[illegible]
			2 N	7 N	6	5,40N	10,40N	6	1453	1013	800	673	653	[illegible]
			8 N	1 V	6	11,40N	4,40V	6	1185	853	740	608	445	[illegible]
			2 V	7 V	6	5,40V	10,40V	6	705	720	543	543	162	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1172	901	706	618	466	[illegible]
11. März 02 Dienstag	(2. Tag)	XXX	8 V	1 N	6	11,40V	4,40N	6	1348	1085	755	693	393	[illegible]
			2 N	7 N	6	5,40N	10,40N	6	1463	1040	790	703	673	[illegible]
			8 N	1 V	6	11,40N	4,40V	6	1290	913	803	650	487	[illegible]
			2 V	7 V	6	5,40V	10,40V	6	830	798	645	638	175	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1230	959	748	671	482	[illegible]
12. März 02 Mittwoch	(3. Tag)	XXX	8 V	1 N	6	11,40V	4,40N	6	1345	1078	838	723	507	[illegible]
			2 N	7 N	6	5,40N	10,40N	6	1428	1060	795	728	633	[illegible]
			8 N	1 V	6	11,40N	4,40V	6	1300	930	788	678	512	[illegible]
			2 V	7 V	6	5,40V	10,40V	6	733	723	548	563	185	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1202	948	742	673	459	[illegible]
2. Juni 02 Montag	24	XXXVII	8 V	11 V	18	11,40V	2,40N	18	1223	810	735	605	488	[illegible]
			11 V	2 N	18	2,40N	5,40N	18	1315	855	825	643	490	[illegible]
			2 N	5 N	18	5,40N	8,40N	18	1163	890	730	670	433	[illegible]
			5 N	8 N	18	8,40N	11,40N	18	1255	885	768	665	487	[illegible]
			8 N	11 N	18	11,40N	2,40V	18	1095	795	718	633	377	[illegible]
			2 V	2 V	18	2,40V	5,40V	18	978	710	668	588	310	[illegible]
			11 V	5 V	18	5,40V	8,40V	18	703	643	570	538	133	[illegible]
			5 V	8 V	18	8,40V	11,40V	18	683	765	535	615	148	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1052	794	694	620	358	175

der Klärversuche mit 4 mm Geschwindigkeit. **Tabelle C1.**

suchung der Proben													
Ges. gelöste St.		Gel. miner. St.		Gel. org. Stoffe		Ges. susp. St.		Susp. miner. St.		Susp. org. Stoffe		Differenz d. susp. organ. Stoffe	Abnahme
Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
988	1008	703	670	285	338	260	105	77	40	183	65	118	64.5
1100	1068	733	703	367	365	368	92	77	25	291	67	224	77,0
900	860	638	610	262	250	265	58	42	8	223	50	173	77,6
675	650	520	510	155	140	38	33	0	15	38	18	20	52.6
916	897	649	623	267	273	233	72	49	22	183,8	50,0	133,8	72,79
743	778	613	650	130	128	355	97	97	15	258	82	130	68.2
888	790	728	665	160	125	330	93	57	13	273	80	193	70,7
703	688	588	585	115	103	207	55	65	5	142	50	92	64.8
658	663	530	560	128	103	22	20	15	0	7	20	—	—
748	730	615	615	133	115	229	66	59	8	170	58	112	65,88
930	935	640	630	290	305	413	83	100	18	313	65	248	79.2
1010	930	703	668	307	262	443	83	97	5	346	78	268	77,5
898	790	660	603	238	187	287	63	80	5	207	58	149	72,0
625	665	513	525	112	140	80	55	30	18	50	37	13	26,0
866	830	629	607	237	224	306	71	77	12	229	59,5	169,5	74,02
940	953	633	658	307	295	408	132	122	35	286	97	189	66.1
1018	940	708	683	310	257	445	100	82	20	363	80	283	77.9
883	848	658	633	225	215	407	65	145	17	262	48	214	81,7
713	743	588	618	125	125	107	55	57	20	50	35	15	30.0
889	871	647	648	242	223	342	88	102	23	240,3	65,0	175,3	72,95
965	975	698	713	267	262	380	103	140	10	240	93	147	61,3
1028	965	718	693	310	272	400	95	77	35	323	60	263	81.4
948	870	710	665	238	205	352	60	78	13	274	47	227	82,8
653	663	508	550	145	113	80	60	40	13	40	47	—	—
899	868	659	655	240	213	303	80	84	18	219,3	61.8	157,5	71.82
793	715	618	603	175	112	430	95	117	2	313	93	220	70.3
868	793	683	633	185	160	447	62	142	10	305	52	253	83.0
785	778	653	648	132	130	378	112	77	22	301	90	211	70,1
808	788	665	660	143	128	447	97	103	5	344	92	252	73.4
755	735	643	630	112	105	340	60	75	3	265	57	208	78.5
748	683	630	588	118	95	230	27	38	0	192	27	165	85,9
633	630	553	538	80	92	70	13	17	0	53	13	40	75,5
595	715	513	603	82	112	88	50	22	12	66	38	28	42,4
748	730	620	613	128	117	304	65	74	7	229,9	57,8	172.1	74,86

Zusammenstellung der chemischen Ergebnisse

Datum	Dauer des Versuchs	Bezeichnung des Versuchs	Probeentnahme am Einlauf Stund.-Probe von	bis	Proben Anz.	Ablauf Stunden-Probe von	bis	Proben Anz.	Chemische Un[tersuchung] Ges. feste Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. feste Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Einlauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Ablauf mg i. l.	Ges. orga[n.] Einlauf mg i. l.	Ab[lauf] mg [i. l.]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6. Juli 02 Sonntag	24	XLI	8 V	1 N	6	11,40 V	4,40 N	6	1133	870	758	665	775	[illegible]
			2 N	7 N	6	5,40 N	10,40 N	6	1215	903	790	695	425	[illegible]
			8 N	1 V	6	11,40 N	4,40 V	6	1053	755	723	618	330	[illegible]
			2 V	7 V	6	5,40 V	10,40 V	6	610	603	508	513	102	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1003	783	695	623	308	[illegible]
6. Okt. 02 Montag	3 Tage 1. Tag	XLV	8 V	1 N	6	11,40 V	4,40 N	6						
			2 N	7 N	6	5,40 N	10,40 N	6	1303	895	818	655	485	[illegible]
			8 N	1 V	6	11,40 N	4,40 V	6						
			2 V	7 V	6	5,40 V	10,40 V	6	725	695	563	575	162	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1159	845	754	635	404	[illegible]
7. Okt. 02 Dienstag	2. Tag	XLV	8 V	1 N	6	11,40 V	4,40 N	6						
			2 N	7 N	6	5,40 N	10,40 N	6	1348	1008	853	755	495	[illegible]
			8 N	1 V	6	11,40 N	4,40 V	6						
			2 V	7 V	6	5,40 V	10,40 V	6	830	818	668	675	162	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1219	961	807	735	412	[illegible]

Zusammenstellung der chemischen Ergebnisse

24. Mai 01 Freitag	24	III	8 V	1 N	6	8,40 V	1,40 N	6	1800	1421	912	800	888	[illegible]
			2 N	7 N	6	2,40 N	7,40 N	6	1612	1412	785	746	827	[illegible]
			8 N	1 V	6	8,40 N	1,40 V	6	1509	1330	747	714	762	[illegible]
			2 V	7 V	6	2,40 V	7,40 V	6	1207	1190	776	730	431	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1532	1338	805	748	727	[illegible]
2.—3. Dez. 01 Montag	24	VIII	8 V	1 N	6	8,40 V	1,40 N	6	1425	1030	798	653	627	[illegible]
			2 N	7 N	6	2,40 N	7,40 N	6	1603	1190	875	755	728	[illegible]
			8 N	1 V	6	8,40 N	1,40 V	6	1160	988	710	663	450	[illegible]
			2 V	7 V	6	2,40 V	7,40 V	6	740	708	543	553	197	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1232	979	732	656	501	[illegible]
5. u. 6. Dez. 01 Donnerstag	24	IX	8 V	1 N	6	8,40 V	1,40 N	6	1415	1118	855	700	560	[illegible]
			2 N	7 N	6	2,40 N	7,40 N	6	1548	1248	888	803	660	[illegible]
			8 N	1 V	6	8,40 N	1,40 V	6	1258	1110	810	755	448	[illegible]
			2 V	7 V	6	2,40 V	7,40 V	6	898	840	670	653	228	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1280	1079	806	728	474	351

der Klärversuche mit 4 mm Geschwindigkeit.

Tabelle C1.

suchung der Proben												Differenz d. susp. organ. Stoffe	Abnahme
Ges. gelöste St.		Gel. miner. St.		Gel. org. Stoffe		Ges. susp. St.		Susp. miner. St.		Susp. org. Stoffe			
Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
790	768	673	663	117	105	343	102	85	Spur	258	100	158	61,2
843	810	695	693	148	117	372	93	95	Spur	277	91	186	67,2
758	698	648	618	110	80	295	57	75	0	220	57	163	74.1
595	595	495	505	100	90	15	8	13	8	Spur	0	—	—
747	718	628	620	119	98	256	65	67	2	188,8	62,0	126,8	67,16
935	798	718	653	217	145	368	97	100	2	268	95	173	} 64,6
660	668	553	565	107	103	65	27	10	10	55	17	38	69,1
866	766	677	631	190	135	292	80	78	4	214,8	75,5	139,3	64.85
965	903	728	730	237	173	383	105	125	25	258	80	178	} 69,0
755	785	643	670	112	115	75	33	25	5	50	28	22	44,0
913	874	707	715	206	159	306	87	100	20	206,0	67,0	139,0	67,47

der Klärversuche mit 20 mm Geschwindigkeit.

Tabelle C2.

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	283	36	247	87,3
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	168	51	117	69,6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	84	0	84	100
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	133,7	21,7	112,0	83,71
998	938	673	635	325	303	427	92	125	18	302	74	228	75,5
1103	1098	745	745	358	353	500	92	130	10	370	82	288	77,8
925	910	660	650	265	260	235	78	50	13	185	65	120	64,9
685	683	530	538	155	145	55	25	13	15	42	10	32	76,2
928	907	652	642	276	265	304	72	80	14	224,8	57,8	167	74,29
1023	1035	720	693	303	342	392	83	135	7	257	76	181	70,4
1190	1185	790	790	400	395	358	63	98	13	260	50	210	80,8
1023	1013	750	743	273	270	235	97	60	12	175	85	90	51,4
798	785	610	610	188	175	100	55	60	43	40	12	28	70,0
1009	1005	718	709	291	296	271	75	88	19	183,0	55,8	127,2	69,51

Digitized by Google

Zusammenstellung der chemischen Ergebnis

Datum	Dauer des Versuchs	Bezeichnung des Versuchs	Probeentnahme am						Chemische Unt					
			Einlauf Stund.-Probe		Proben-Anz.	Ablauf Stunden-Probe		Proben-Anz.	Ges. feste Stoffe		Ges. Mineralst.		Ges. organ	
									Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Abla
			von	bis		von	bis		mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17. u.	24 Std.	XII	8 V	1 N	6	8,40V	1,40N	6	1393	1053	840	693	553	360
18.			2 N	7 N	6	2,40N	7,40N	6	1738	1323	958	810	780	513
Dez. 01			8 N	1 V	6	8,40N	1,40V	6	1433	1180	893	775	540	405
Dienst.			2 V	7 V	6	2,40V	7,40V	6	1070	1038	775	773	295	265
						Tagesdurchschnitt			1409	1149	867	763	542	386
20. Dez.	24 „	XIII	8 V	1 N	6	8,40V	1,40N	6	1505	1198	955	815	550	383
01			2 N	7 N	6	2,40N	7,40N	6	1665	1255	920	813	745	442
Frei-			8 N	1 V	6	8,40N	1,40V	6	1160	1018	723	688	437	330
tag			2 V	7 V	6	2,40V	7,40V	6	835	735	608	558	227	177
						Tagesdurchschnitt			1291	1052	802	719	490	333
4. Jan.	24 „	XV	8 V	1 N	6	8,40V	1,40N	6	1395	1043	775	650	620	393
01			2 N	7 N	6	2,40N	7,40N	6	1545	1130	850	710	695	420
Sams-			8 N	1 V	6	8,40N	1,40V	6	1153	900	738	638	415	262
tag			2 V	7 V	6	2,40V	7,40V	6	878	628	600	468	278	160
						Tagesdurchschnitt			1243	925	741	617	502	308
15. Jan.	24 „	XIX	8 V	1 N	6	8,40V	1,40N	6	1633	1333	1003	908	630	425
02			2 N	7 N	6	2,40N	7,40N	6	1685	1365	963	863	722	502
Mitt-			8 N	1 V	6	8,40N	1,40V	6	1295	1063	758	710	537	353
woch			2 V	7 V	6	2,40V	7,40V	6	1278	1153	943	885	335	268
						Tagesdurchschnitt			1473	1229	917	842	556	387
19. Jan.	24 „	XX	8 V	1 N	6	8,40V	1,40N	6	1230	1028	748	688	482	340
02			2 N	7 N	6	2,40N	7,40N	6	1420	1240	793	768	627	472
Sonn-			8 N	1 V	6	8,40N	1,40V	6	1018	898	595	590	423	308
tag			2 V	7 V	6	2,40V	7,40V	6	600	600	405	410	195	190
						Tagesdurchschnitt			1067	942	635	614	432	328
22. Jan.	24 „	XXI	8 V	1 N	6	8,40V	1,40N	6	1560	1183	968	785	592	398
02			2 N	7 N	6	2,40N	7,40N	6	1580	1265	945	838	635	427
Regen			8 N	1 V	6	8,40N	1,40V	6	1473	1145	905	785	568	360
Mittw.			2 V	7 V	6	2,40V	7,40V	6	1068	990	758	713	310	277
						Tagesdurchschnitt			1420	1146	894	780	526	366
17.	3 Tage	XXXI	8 V	1 N	6	8,40V	1,40N	6	1435	915	803	613	632	302
März	(1. Tag)		2 N	7 N	6	2,40N	7,40N	6	1455	1143	838	730	617	413
02			8 N	1 V	6	8,40N	1,40V	6	1118	928	695	653	423	275
Montag			2 V	7 V	6	2,40V	7,40V	6	755	710	558	555	197	155
						Tagesdurchschnitt			1191	924	724	638	467	286

…er Klärversuche mit 20 mm Geschwindigkeit.

Tabelle C2.

…suchung der Proben												Differenz d. susp. organ. Stoffe	Abnahme
Ges. gelöste St.		Gel. miner. St.		Gel. org. Stoffe		Ges. susp. St.		Susp. miner. St.		Susp. org. Stoffe			
Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
053	958	730	675	323	283	340	95	110	18	230	77	157	68,3
225	1195	788	783	437	412	513	128	170	27	343	101	242	70,6
015	1070	745	738	270	332	418	110	148	37	270	73	197	72,9
943	940	735	690	208	250	127	98	40	83	87	15	72	82,8
059	1041	750	722	310	319	350	108	117	41	232,5	66,5	166,0	71,39
063	1083	765	775	298	308	442	115	190	40	252	75	177	70,2
138	1098	783	775	355	323	527	157	137	38	390	119	271	69,5
898	915	665	663	233	252	262	103	58	25	204	78	126	61.7
755	690	580	538	175	152	80	45	28	20	52	25	27	51,9
964	947	698	688	265	259	328	105	103	31	224,5	74,3	150.2	66,90
943	935	633	628	310	307	452	108	142	22	310	86	224	72,3
090	995	743	673	347	322	455	135	107	37	348	98	250	71,9
853	830	643	615	210	215	300	70	95	23	205	47	158	77,0
590	543	458	435	132	108	288	85	142	33	146	52	94	64,4
869	826	619	588	250	238	374	100	122	29	252,3	70,8	181,5	71,94
240	1223	880	875	360	348	393	110	123	33	270	77	193	71,5
225	1278	848	848	377	430	460	87	115	15	345	72	273	79,1
1000	1003	705	690	295	313	295	60	53	20	242	40	202	83.5
1170	1080	893	850	277	230	108	73	50	35	58	38	20	34,5
1159	1146	832	816	327	330	314	83	85	26	228,8	56,8	172,0	75,17
905	950	608	660	297	290	325	78	140	28	185	50	135	72,9
1125	1093	710	705	415	388	295	147	83	63	212	84	128	60,4
863	813	570	565	293	248	155	85	25	25	130	60	70	53.8
585	575	405	410	180	165	15	25	0	0	15	25	—	—
870	858	573	585	296	273	198	84	62	29	135,5	54,8	80,7	59.56
990	1025	728	743	262	282	570	158	240	42	330	116	214	64,8
1133	1130	805	803	328	327	447	135	140	35	307	100	207	67.4
1130	1070	803	775	327	295	343	75	102	10	241	65	176	73,0
910	933	690	698	220	235	158	57	68	15	90	42	48	53,3
1041	1040	757	755	284	2 85	380	106	138	26	242	80.8	161,2	66,61
928	815	620	583	308	232	507	100	183	30	324	70	254	78.4
1048	1023	718	708	330	315	407	120	120	22	287	98	189	65.9
853	843	630	628	223	215	265	85	65	25	200	60	140	70,0
680	668	533	523	147	145	75	42	25	32	50	10	40	80,0
877	837	625	611	252	227	314	87	98	27	215,3	59,5	155,8	72,36

Zusammenstellung der chemischen Ergebnisse

Datum	Dauer des Versuchs	Bezeichnung des Versuchs	Probeentnahme am: Einlauf Stund.-Probe von	bis	Proben-Anz.	Ablauf Stunden-Probe von	bis	Proben-Anz.	Chemische Unt…: Ges. feste Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. feste Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Einlauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Ablauf mg i. l.	Ges. org. St… Einlauf mg i. l.	Abl… mg …
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
18. März	(2. Tag)	XXXI	8 V	1 N	6	8,40 V	1,40 N	6	1433	1083	810	698	623	[illegible]
1902			2 N	7 N	6	2,40 N	7,40 N	6	1585	1153	843	753	742	[illegible]
Diens-			8 N	1 V	6	8,40 N	1,40 V	6	1373	1028	810	715	563	[illegible]
tag			2 V	7 V	6	2,40 V	7,40 V	6	818	783	623	605	195	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1302	1012	772	693	531	[illegible]
19. März	(3. Tag)	-	8 V	1 N	6	8,40 V	1,40 N	6	1393	1073	810	708	583	[illegible]
1902			2 N	7 N	6	2,40 N	7,40 N	6	1558	1138	830	730	728	[illegible]
Mitt-			8 N	1 V	6	8,40 N	1,40 V	6	1265	925	723	658	542	[illegible]
woch			2 V	7 V	6	2,40 V	7,40 V	6	718	683	543	528	175	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1234	955	727	656	507	[illegible]
29. Apr.	24 Std.	XXXV	8 V	11 V	18	8,40 V	11,40 V	18	1363	943	815	685	548	[illegible]
1902			11 V	2 N	18	11,40 V	2,40 N	18	1363	1063	850	740	513	[illegible]
Diens-			2 N	5 N	18	2,40 N	5,40 N	18	1360	1090	840	768	520	[illegible]
tag			5 N	8 N	18	5,40 N	8,40 N	18	1358	1068	853	765	505	[illegible]
			8 N	11 N	18	8,40 N	11,40 N	18	1268	998	820	738	448	[illegible]
			11 N	2 V	18	11,40 N	2,40 V	18	905	818	648	623	257	[illegible]
			2 V	5 V	18	2,40 V	5,40 V	18	765	773	603	605	162	[illegible]
			5 V	8 V	18	5,40 V	8,40 V	18	713	705	570	563	143	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1137	932	750	686	387	[illegible]
12. Juni	24 „	XXXIX	8 V	11 V	18	8,40 V	11,40 V	18	1240	950	828	745	412	[illegible]
1902			11 V	2 N	18	11,40 V	2,40 N	18	1333	993	815	725	518	[illegible]
Don-			2 N	5 N	18	2,40 N	5,40 N	18	1318	1045	845	748	473	[illegible]
ners-			5 N	8 N	18	5,40 N	8,40 N	18	1278	1003	875	763	403	[illegible]
tag			8 N	11 N	18	8,40 N	11,40 N	18	1113	905	758	683	355	[illegible]
			11 N	2 V	18	11,40 N	2,40 V	18	880	808	648	633	232	[illegible]
			2 V	5 V	18	2,40 V	5,40 V	18	798	645	550	508	248	[illegible]
			5 V	8 V	18	5,40 V	8,40 V	18	643	533	450	403	193	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1075	860	721	651	354	[illegible]
3. Juli	24 „	XL	8 V	1 N	6	8,40 V	1,40 N	6	1118	885	735	658	383	[illegible]
1902			2 N	7 N	6	2,40 N	7,40 N	6	1155	968	763	718	392	[illegible]
Donners-			8 N	1 V	6	8,40 N	1,40 V	6	1010	865	683	668	327	[illegible]
tag			2 V	7 V	6	2,40 V	7,40 V	6	718	663	565	553	153	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1000	845	687	649	314	[illegible]

Digitized by Google

…er Klärversuche mit 20 mm Geschwindigkeit. Tabelle C2.

…suchung der Proben.												Differenz d. susp. organ. Stoffe	Abnahme
…es. gelöste St.		Gel. miner. St.		Gel. org. Stoffe		Ges. susp. St.		Susp. miner. St.		Susp. org. Stoffe			
…nlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
…g i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
988	933	685	660	303	273	445	150	125	38	320	112	208	65.0
1033	1033	723	723	310	310	552	120	120	30	432	90	342	79.2
923	915	693	678	230	237	450	113	117	37	333	76	257	77,2
705	728	573	575	132	153	113	56	50	30	63	25	38	60.3
912	902	669	659	244	243	390	110	103	34	287	75,8	211,2	73.59
960	928	678	670	282	258	433	145	132	38	301	107	194	64.4
1048	1033	718	708	330	325	510	105	112	22	398	83	315	79.1
870	843	628	625	242	218	395	82	95	33	300	49	251	83.7
648	645	525	515	123	130	70	38	18	13	52	25	27	51,9
882	862	637	630	244	233	352	93	89	27	262,8	66,0	196,8	74,88
838	840	658	655	180	185	525	103	157	30	368	73	295	80.2
930	930	718	710	212	220	433	133	132	30	301	103	198	65.8
960	1000	725	733	235	267	400	90	115	35	285	55	230	80,7
950	973	740	738	210	235	408	95	113	27	295	68	227	77.3
878	878	705	710	173	168	390	120	115	28	275	92	183	66,5
735	743	603	610	132	133	170	75	45	13	125	62	63	50.4
685	685	573	578	112	107	80	88	30	27	50	61	—	—
678	703	540	560	138	143	35	Spur	30	Spur	5	Spur	—	—
832	844	658	662	174	182	305	88	92	24	213,0	64,3	148,7	69,81
918	878	730	743	188	135	322	72	98	2	224	70	154	68,7
913	870	700	720	213	150	420	123	115	5	305	118	187	61,3
940	915	720	723	220	192	378	130	125	25	253	105	148	58,5
858	870	733	730	125	140	420	133	142	33	278	100	178	64.0
755	788	653	665	102	123	358	117	105	18	253	99	154	60,9
720	723	613	618	107	105	160	85	35	15	125	70	55	44,0
553	578	463	480	90	98	245	67	87	28	158	39	119	75.3
465	478	373	380	92	98	178	55	77	23	101	32	69	68.3
765	763	623	632	142	130	310	98	98	19	212,1	79,1	133,0	62,70
783	775	653	643	130	132	335	110	82	15	253	95	158	62,4
828	873	680	700	148	173	327	95	83	18	244	77	167	68,4
743	763	625	653	118	110	267	102	58	15	209	87	122	58.4
658	640	545	548	113	92	60	23	20	5	40	18	22	55,0
753	768	626	636	127	127	247	83	61	13	186,5	69,3	117,2	62,84

6*

Zusammenstellung der chemischen Ergebni[illegible]

Datum	Dauer des Versuchs	Bezeichnung des Versuchs	Probeentnahme am: Einlauf Stund.-Probe von	bis	Proben-Anz.	Ablauf Stunden-Probe von	bis	Proben-Anz.	Chemische [illegible]: Ges. feste Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. feste Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Einlauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Ablauf mg i. l.	Ges. org[illegible] Einlauf mg i. l.	[illegible]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	[illegible]
15. Juli	24 Std.	XLII	8 V	11 V	18	8.40 V	11.40 V	18	1183	878	760	658	423	[illegible]
02			11 V	2 N	18	11.40 V	2.40 N	18	1273	925	770	683	503	[illegible]
Dienstag			2 N	5 N	18	2.40 N	5.40 N	18	1208	965	768	728	440	[illegible]
			5 N	8 N	18	5.40 N	8.40 N	18	1228	928	753	690	475	[illegible]
			8 N	11 N	18	8.40 N	11.40 N	18	1133	888	725	668	408	[illegible]
			11 N	2 V	18	11.40 N	2.40 V	18	733	593	500	463	233	[illegible]
			2 V	5 V	18	2.40 V	5.40 V	18	600	573	478	465	122	[illegible]
			5 V	8 V	18	5.40 V	8.40 V	18	715	585	533	475	182	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1009	792	661	604	348	[illegible]
16. Spt.	2 Tage	XLIV	8 V	1 N	6	8.40 V	1.40 N	6	1178	913	783	693	395	[illegible]
02	(1. Tag)		2 N	7 N	6	2.40 N	7.40 N	6	1283	1003	843	755	440	[illegible]
Dienstag			8 N	1 V	6	8.40 N	1.40 V	6	1245	963	845	720	400	[illegible]
			2 V	7 V	6	2.40 V	7.40 V	6	738	733	605	598	133	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1111	903	769	692	342	[illegible]
17. Spt.	(2. Tag)	XLIV	8 V	1 N	6	8.40 V	1.40 N	6	1178	908	813	700	365	[illegible]
02			2 N	7 N	6	2.40 N	7.40 N	6	1250	1003	830	755	420	[illegible]
Mittwoch			8 N	1 V	6	8.40 N	1.40 V	6	1185	953	800	725	385	[illegible]
			2 V	7 V	6	2.40 N	7.40 V	6	730	695	575	580	138	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1082	890	755	690	327	[illegible]
3. Nov.	3 Tage	XLVI	8 V	1 N	6	8.40 V	1.40 N	6	1368	993	830	718	538	[illegible]
02	(1. Tag)		2 N	7 N	6	2.40 N	7.40 N	6	1513	1168	928	813	585	[illegible]
Montag			8 N	1 V	6	8.40 N	1.40 V	6	1198	975	795	723	403	[illegible]
			2 V	7 V	6	2.40 V	7.40 V	6	810	653	653	620	157	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1222	970	802	719	421	[illegible]
4. Nov.	(2. Tag)	XLVI	8 V	1 N	6	8.40 V	1.40 N	6						
02			2 N	7 N	6	2.40 N	7.40 N	6	1490	1118	933	810	557	[illegible]
Dienstag			8 N	1 V	6	8.40 N	1.40 V	6						
			2 V	7 V	6	2.40 V	7.40 V	6	988	930	728	738	260	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1365	1071	882	792	483	[illegible]
5. Nov.	(3. Tag)	XLVI	8 V	1 N	6	8.40 V	1.40 N	6	1483	1073	915	780	568	[illegible]
02			2 N	7 N	6	2.40 N	7.40 N	6	1530	1203	950	853	580	[illegible]
Mittwoch			8 N	1 V	6	8.40 N	1.40 V	6	1295	1053	850	793	445	[illegible]
			2 V	7 V	6	2.40 V	7.40 V	6	898	843	703	680	195	[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1302	1043	855	777	447	[illegible]

er Klärversuche mit 20 mm Geschwindigkeit.

Tabelle C2.

suchung der Proben.												Differenz d. susp. organ. Stoffe	Abnahme
ies. gelöste St.		Gel. miner. St.		Gel. org. Stoffe		Ges. susp. St.		Susp. miner. St.		Susp. org. Stoffe			
inlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
ng i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
823	773	665	655	158	118	360	105	95	3	265	102	163	61,4
823	798	655	650	168	148	450	127	115	33	335	94	241	71.9
850	828	685	683	165	145	358	137	83	45	275	92	183	66,5
810	818	675	678	135	140	418	110	78	12	340	98	242	71.2
768	775	640	648	128	127	365	113	85	20	280	93	187	66,8
505	533	423	435	82	98	228	60	97	28	151	32	119	78,8
553	555	460	448	93	107	47	18	18	18	29	0	29	100,0
608	585	488	473	120	112	107	0	45	0	62	0	62	100,0
718	708	586	584	131	124	292	84	75	20	217.1	63.9	153.2	70.57
828	810	668	673	160	137	350	103	115	20	235	83	152	64,7
903	880	715	713	188	167	380	123	128	42	252	81	171	67.9
890	855	703	703	187	152	355	108	142	17	213	91	122	57.3
680	685	583	588	97	97	58	48	22	10	36	38	—	—
825	808	667	669	158	138	286	96	102	22	184.0	73,3	110.7	60,16
848	815	695	673	153	142	330	93	118	27	212	66	146	68.9
915	888	728	730	187	158	335	115	102	25	233	90	143	61.4
853	855	690	698	163	157	332	98	110	27	222	71	151	68,0
653	665	555	578	98	87	60	30	20	2	40	28	12	30,0
847	806	667	670	150	136	264	84	88	20	176,8	63,8	113,0	63,91
893	858	690	685	203	173	475	135	140	33	335	102	233	69,6
1030	995	763	768	267	227	483	173	165	45	318	128	190	59,8
888	868	698	703	190	165	310	107	57	20	213	87	126	59,2
735	715	615	603	120	112	75	30	38	17	37	13	24	64.9
887	859	692	690	195	169	336	111	110	29	225,8	82.5	143,3	63.46
1025	980	785	775	240	205	465	138	148	35	317	103	214	67,51
868	865	710	715	158	150	120	65	18	23	102	42	60	5,8
986	951	766	760	220	191	379	120	116	32	263.3	87,8	175,5	66.65
945	930	745	745	200	185	538	143	170	35	368	108	260	70,7
1053	1058	820	820	233	238	474	145	130	33	347	112	235	67.7
960	960	770	770	190	190	335	93	80	23	255	70	185	72,5
783	783	663	660	120	123	115	60	40	20	75	40	35	46,7
935	933	750	749	186	184	366	110	105	28	261.3	82.5	178,8	68.42

Digitized by Google

Zusammenstellung der chemischen Ergebnisse

Datum	Dauer des Versuchs	Bezeichnung des Versuchs	Probeentnahme am: Einlauf Stund.-Probe von	Einlauf Stund.-Probe bis	Proben-Anz.	Ablauf Stunden-Probe von	Ablauf Stunden-Probe bis	Proben-Anz.	Chemische Unter-: Ges. feste Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. feste Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Einlauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Ablauf mg i. l.	Ges. org. Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. org. Stoffe Ablauf mg i. l.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10. Jan. 1902 Freitag	18 Std.	XVII	8 V	10 V	3	8,25V	10,25V	3	1120	1005	678	650	442	355
			11 V	1 N	3	11,25N	1,25N	3	1683	1375	915	788	768	587
			2 N	4 N	3	2,25N	4,25N	3	1770	1390	1023	888	747	502
			5 N	7 N	3	5,25N	7,25N	3	1688	1405	968	888	720	517
			8 N	10 N	3	8,25N	10,25N	3	1453	1173	905	785	548	388
			11 N	1 V	3	11,25V	1,25V	3	1180	1063	770	730	410	333
						Tagesdurchschnitt			1482	1235	877	788	606	447
31. Jan. 1902 Freitag	18 „	XXII	8 V	1 N	6	8,25V	1,25N	6	1355	1158	833	750	522	408
			2 N	7 N	6	2,25N	7,25N	6	1540	1283	888	805	652	478
			8 N	1 V	6	8,25N	1,25V	6	1163	1040	688	660	475	380
						Tagesdurchschnitt			1353	1160	803	738	550	422
4. Feb. 1902 Dienst.	18 „	XXIII	8 V	1 N	6	8,25V	1,25N	6	1433	1105	823	713	610	392
			2 N	7 N	6	2,25N	7,25N	6	1520	1263	828	775	692	488
			8 N	1 V	6	8,25N	1,25V	6	1285	1060	813	655	572	405
						Tagesdurchschnitt			1413	1143	788	714	625	428
17. Feb. 1902 Montag	18 „	XXV	8 V	1 N	6	8,25V	1,25N	6	1228	1005	685	618	543	387
			2 N	7 N	6	2,25N	7,25N	6	1573	1273	855	770	718	503
			8 N	1 V	6	8,25N	1,25V	6	1265	1038	713	663	552	375
						Tagesdurchschnitt			1355	1105	751	684	604	422
19. Feb. 1902 Mittw.	18 „	XXVI	8 V	1 N	6	8,25V	1,25N	6	1395	1083	753	693	642	390
			2 N	7 N	6	2,25N	7,25N	6	1498	1263	835	785	663	478
			8 N	1 V	6	8,25N	1,25V	6	1348	1040	858	683	490	357
						Tagesdurchschnitt			1414	1129	815	720	598	408
22. Feb. 1902 Samst.	18 „	XXVII	8 V	1 N	6	8,25V	1,25N	6	1418	1105	763	678	655	427
			2 N	7 N	6	2,25N	7,25N	6	1523	1185	813	730	710	455
			8 N	1 V	6	8,25N	1,25V	6	1188	965	705	650	483	315
						Tagesdurchschnitt			1376	1085	760	686	616	399
2. März 1902 Sonnt.	18 „	XXVIII	8 V	1 N	6	8,25V	1,25V	6	1380	1073	725	633	655	440
			2 N	7 N	6	2,25N	2,25N	6	1283	1133	685	663	598	470
			8 N	1 V	6	8,25N	1,25V	6	868	838	523	529	345	309
						Tagesdurchschnitt			1177	1015	644	608	533	406
6. März 1902 Donnerst.	18 „	XXIX	8 V	1 N	6	8,25V	1,25N	6	1278	1053	748	683	530	370
			2 N	7 N	6	2,25N	7,25N	6	1345	1143	770	708	708	435
			8 N	1 V	6	8,25N	1,25V	6	1128	980	725	403	673	307
						Tagesdurchschnitt			1250	1059	748	688	503	371

Digitized by Google

der Klärversuche mit 40 mm Geschwindigkeit. **Tabelle C3.**

suchung der Proben.												Differenz d. susp. organ. Stoffe	Abnahme
Ges. gelöste St.		Gel. miner. St.		Gel. org. Stoffe		Ges. susp. St.		Susp. miner. St.		Susp. org. Stoffe			
Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
898	930	625	635	273	295	222	75	53	15	169	60	109	64.5
1235	1245	768	770	467	475	448	130	147	18	301	112	189	62,8
1308	1255	890	865	418	390	462	135	133	23	329	112	217	65,9
1258	1238	865	860	363	378	430	167	103	28	327	139	188	57,5
1053	1035	775	768	278	267	400	138	130	17	270	121	149	55,2
1030	1000	743	715	287	285	150	63	27	15	123	48	75	60,9
1130	1117	778	769	353	348	352	118	99	19	253,2	98,7	154,5	61,02
1043	1025	738	718	305	307	312	133	95	32	217	101	116	53,5
1130	1133	770	770	360	363	410	150	118	35	292	115	177	60.6
920	903	633	630	287	273	243	137	55	30	188	107	81	43,1
1031	1020	713	706	317	314	322	140	89	32	232,3	107,7	124.6	53,64
1030	1010	690	690	340	320	403	95	133	23	270	72	198	73,3
1093	1103	730	740	363	363	427	160	98	35	329	125	204	62,0
898	895	630	633	268	262	387	165	83	22	304	143	161	52.9
1007	1003	683	688	324	315	406	140	105	27	301	113.3	187,7	62,36
903	885	600	600	303	285	325	120	85	18	240	102	138	57,6
1093	1108	738	728	355	380	480	165	117	42	363	123	240	66,1
898	903	623	620	275	283	367	135	90	43	277	92	185	66,8
965	965	654	649	311	316	391	140	97	34	293,3	105,7	187,6	63,96
923	950	660	663	263	287	472	133	93	30	379	103	276	72,8
1080	1098	735	740	345	358	418	164	100	45	318	120	198	62,3
915	910	658	658	257	253	433	130	200	25	233	105	128	54,9
973	986	684	687	288	299	441	143	131	33	310	109.3	200,7	64,74
978	938	655	653	323	285	440	167	108	25	332	142	190	57,2
1038	1030	680	683	358	347	485	155	133	47	352	108	244	69,3
825	795	615	600	210	195	363	170	90	50	273	120	153	56,0
947	921	650	645	297	276	429	164	110	41	319	123.3	195,7	61,35
920	903	578	575	342	328	460	170	147	58	313	112	201	64,2
998	888	620	618	378	370	285	145	65	45	220	100	120	54,5
753	738	513	505	240	233	115	100	10	24	105	76	29	27,6
890	876	570	566	320	310	287	138	74	42	212,7	96	116,7	54,87
905	908	635	645	270	263	373	145	113	38	260	107	153	58,8
958	960	658	663	300	297	387	183	112	45	275	138	137	49,8
848	858	620	638	228	220	280	122	105	35	175	87	38	50,3
904	909	638	649	266	260	347	150	110	39	236,7	110,7	126,0	53,23

Zusammenstellung der chemischen Ergebnisse

Datum	Dauer des Versuchs	Bezeichnung des Versuchs	Probeentnahme am: Einlauf Stund.-Probe von	Einlauf Stund.-Probe bis	Proben-Anz.	Ablauf Stunden-Probe von	Ablauf Stunden-Probe bis	Proben-Anz.	Chemische Unter-: Ges. feste Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. feste Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Einlauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Ablauf mg i. l.	Ges. org. Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. org. Stoffe Ablau[f] mg i. [l.]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
24. März 1902 Montag	18 Std.	XXXII	8 V	1 N	6	8,25 V	1,25 N	6	1243	1055	740	673	503	382
			2 N	7 N	6	2,35 N	7,25 N	6	1488	1225	858	768	630	457
			8 N	1 V	6	8,25 N	1,25 V	6	1218	1053	738	678	480	375
						Tagesdurchschnitt			1316	1111	779	706	538	405
1. April 1902 Dienst.	3 Tage (1. Tag)	XXXIII	8 V	1 N	6	8,25 V	1,25 N	6	1463	1100	843	698	620	402
			2 N	7 N	6	2,25 N	7,25 N	6	1425	1168	763	703	662	465
			8 N	1 V	6	8,25 N	1,25 V	6	1145	948	683	623	462	325
						Tagesdurchschnitt			1344	1072	763	675	581	397
2. April 1902 Mittw.	(2. Tag)	XXXIII	8 V	1 N	6	8,25 V	1,25 N	6	1408	1108	800	708	608	400
			2 N	7 N	6	2,25 N	7,25 N	6	1535	1228	808	733	727	495
			8 N	1 V	6	8,25 N	1,25 V	6	1440	1168	843	760	597	408
						Tagesdurchschnitt			1461	1168	817	734	644	434
3. April 1902 Donnerst.	(3. Tag)	XXXIII	8 V	1 N	6	8,25 V	1,25 N	6	1515	1208	893	728	622	480
			2 N	7 N	6	2,25 N	7,25 N	6	1468	1235	808	773	660	452
			8 N	1 V	6	8,25 N	1,25 V	6	1035	888	598	580	437	308
						Tagesdurchschnitt			1339	1107	766	694	573	415
13. Mai 1902 Dienst.	2 Tage (1. Tag)	XXXVI	8 V	1 N	6	8,25 V	1,25 N	6	1430	1045	873	730	557	31[illegible]
			2 N	7 N	6	2,25 N	7,25 N	6	1518	1208	941	868	577	340
			8 N	1 V	6	8,25 N	1,25 V	6	1325	1088	835	755	490	33[illegible]
						Tagesdurchschnitt			1424	1114	883	784	541	329
14. Mai 1902 Mittw.	(2. Tag)	XXXVI	8 V	1 N	6	8,25 V	1,25 N	6	1575	1205	1115	873	460	332
			2 N	7 N	6	2,25 N	7,25 N	6	1563	1165	1050	823	513	342
			8 N	1 V	6	8,25 N	1,25 V	6	1270	960	813	668	457	292
						Tagesdurchschnitt			1469	1110	993	788	477	322
9. Sept. 1902 Dienst.	2 Tage (1. Tag	XLIII	8 V	1 N	6	8,25 V	1,25 N	6	1200	1000	803	758	397	242
			2 N	7 N	6	2,25 N	7,25 N	6	1330	1105	825	790	508	315
			8 N	1 V	6	8,25 N	1,25 V	6	1073	928	758	720	315	208
						Tagesdurchschnitt			1201	1011	795	756	406	255
10. Spt. 1902 Mittw.	(2. Tag)	XLIII	8 V	1 N	6	8,25 V	1,25 N	6	1258	980	815	735	443	245
			2 N	7 N	6	2,25 N	7,25 N	6	1293	1003	880	763	413	240
			8 N	1 V	6	8,25 N	1,25 V	6	993	863	703	655	290	208
						Tagesdurchschnitt			1181	949	800	718	382	231

Digitized by Google

der Klärversuche mit 40 mm Geschwindigkeit.

Tabelle C3.

suchung der Proben.												Differenz d. susp. organ. Stoffe	Abnahme
Ges. gelöste St.		Gel. miner. St.		Gel. org. Stoffe		Ges. susp. St.		Susp. miner. St.		Susp. org. Stoffe			
Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
878	868	605	605	273	263	365	187	135	68	230	119	111	48,3
1090	1085	733	728	357	357	398	140	125	40	273	100	173	63,4
943	903	668	638	275	265	275	150	70	40	205	110	95	46,3
970	952	669	657	302	295	346	159	110	49	236	109,7	126,3	53,52
1090	998	733	673	357	325	373	102	110	25	263	77	186	70,7
1035	1000	673	658	362	342	390	170	90	47	300	123	177	59,0
795	813	565	568	230	245	350	135	118	55	232	80	152	65,5
973	937	657	638	316	304	371	136	106	42	265,0	93,3	171,7	64,79
998	973	670	670	328	303	410	135	130	38	280	97	183	65,4
1083	1058	700	690	383	368	452	170	108	43	344	127	217	63,1
1010	985	728	703	282	282	430	183	115	57	315	126	189	60,0
1030	1005	699	688	331	318	431	163	118	46	313	116,7	196,3	62,71
1013	1020	678	688	335	332	502	188	215	40	287	148	139	48,4
1003	1013	693	688	310	325	465	212	115	85	350	127	223	63,7
663	658	468	480	195	178	372	230	130	100	242	130	112	46,3
893	897	613	619	280	278	446	210	153	75	293,0	135,0	158,0	53,92
965	900	705	690	260	210	465	145	168	40	297	105	192	64,6
1035	1035	768	770	267	265	483	173	173	98	310	75	235	75,8
940	930	713	703	227	227	385	158	122	52	263	106	157	59,7
980	955	729	721	251	234	444	159	154	63	290	95,3	194,7	67,14
953	968	735	760	218	208	622	237	380	113	242	124	118	48,8
958	940	720	725	238	215	605	225	330	98	275	127	148	53,8
788	788	600	605	188	183	482	172	213	63	269	109	160	59,5
900	899	685	697	215	202	570	211	308	91	262	120	142	54,20
833	848	698	715	135	133	367	152	105	43	262	109	153	58,4
928	905	735	738	193	167	402	200	90	52	312	148	164	52,6
793	805	683	688	110	117	280	123	75	32	205	91	114	55,6
851	853	705	714	146	139	350	158	90	42	259,7	116,0	143,7	55,33
825	823	683	693	142	130	433	157	132	42	301	115	186	61,8
888	858	748	730	140	128	405	145	132	33	273	112	161	59,0
725	725	623	628	102	97	268	138	80	27	188	111	77	41,0
813	802	685	684	128	118	369	147	115	34	254,0	112,7	141,3	55,63

Zusammenstellung der sämtlichen Berechnungen und chemischen

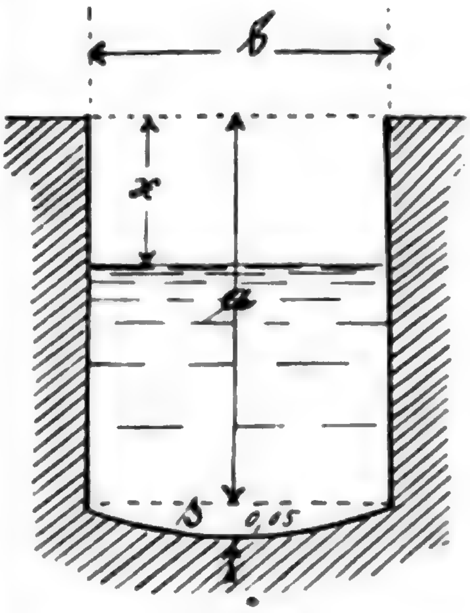
Beobachtungen und Messungen.

Datum	Stunde	Wetter	Wind	Temperatur Luft höchste °R.	Temperatur Luft niedr. °R.	Temperatur Luft mittlere °R.	Temperatur Wasser am Anf. °	Temperatur Wasser am Abl. °	Wasserstand bez. Nidd. m Rhein m	Wasserstand bez. Nidd. m Grund m	Schwimmerweg, 50 m beobachtet Min	Schwimmerweg, 50 m beobachtet Sek	Schwimmerweg, 50 m ges. Sek
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
No. IX.				+ 7	— 4	— 0,8	13,5	13.2					
5. Dez. 01	8 Uhr	klar	S.O.	— 2			+ 13		+ 0,38	+ 1,58	1	36	
Donnerstag	20								K. P.	K. P.	1	41	
morgens	40							+ 12			1	34	
												291	97
do.	9 Uhr	„	„	— 1			+ 14				1	40	
	20										1	34	
	40							+ 13			1	46	
												300	100
do.	10 Uhr	„	„	+ 0			+ 14				1	42	
	20										1	37	
	40							+ 13			1	36	
												295	98
do.	11 Uhr	„	S.	+ 1			+ 13				1	35	
	20										1	39	
	40							+ 12			1	36	
												290	97
mittags	12 Uhr	„	„	+ 3			+ 13				1	38	
	20										1	39	
	40							+ 12			1	35	
												292	97
do.	1 Uhr	„	„	+ 4			+ 13				1	43	
	20										1	37	
	40							+ 12			1	32	
												292	97
do.	2 Uhr	„	„	+ 7			+ 13				1	38	
	20										1	44	
	40							+ 12.5			1	35	
												297	99
do.	3 Uhr	„	S.O.	+ 4			+ 13.5				1	36	
	20										1	40	
	40							+ 13			1	38	
												294	98
do.	4 Uhr	„	„	+ 1			+ 13.5				1	55	
	20										1	37	
	40							+ 13			1	42	
												294	98
abends	5 Uhr	„	S.	+ 0			+ 13				1	39	
	20										1	38	
	40							+ 12			1	35	
												292	97
do.	6 Uhr	„	„	5			+ 13				1	43	
	20										1	38	
	40							+ 13			1	36	
												297	99
do.	7 Uhr	„	S.O.	1			+ 14				1	37	
	20										1	38	
	40							+ 13			1	39	
												294	98

Untersuchungen, ausgeführt für die Probeentnahme No. IX. Tabelle C 4.

Durchflussgeschwindigkeit 20 mm.

V = Durchflussgeschwindigkeit m	Pegelmessungen in m x^1	x^2	x^3	gem.	Durchflussprofil F = a·b + s − x·b qm	Durchflussmenge Q = F · v.	Bemerkungen und aussergewöhnliche Beobachtungen
15	16	17	18	19	20	21	22
0.515	0,519 0,520 0,518	0,517 0,524 0.520	0,523 0,520 0,523	0.520	0,584	0.301	
0,500	0,507 0,510 0,510	0.505 0,513 0,504	0,509 0,507 0,506	0.508	0.595	0.298	
0.510	0,513 0,510 0,513	0.512 0,519 0,515	0,510 0,514 0.519	0,514	0,589	0,300	
0.515	0,520 0,525 0,521	0,523 0,523 0.524	0,525 0,522 0,523	0.523	0,581	0.299	
0,515	0,519 0,522 0,517	0.517 0,523 0,519	0.520 0,525 0.514	0.520	0,584	0,301	
0.515	0,520 0,519 0,521	0.524 0,517 0.520	0.523 0,519 0.523	0.521	0,583	0,300	
0.505	0.508 0,517 0.507	0,514 0,505 0.502	0,505 0,510 0.509	0.509	0.594	0.300	
0.510	0.510 0,504 0,510	0.513 0.514 0,505	0,510 0,517 0,504	0,507	0.596	0.304	
0.510	0.509 0,516 0,508	0,512 0.510 0,516	0,514 0,517 0.520	0,514	0,589	0,300	
0.515	0.519 0,517 0,522	0.525 0,515 0,520	0,523 0.520 0,524	0,521	0,583	0,300	
0,505	0,512 0.507 0,509	0,514 0,512 0,506	0,508 0,510 0,508	0.510	0,593	0.299	
0.515	0,510 0,507 0,514	0.508 0,515 0,508	0,516 0,517 0,516	0.512	0.591	0,301	



a = 1,135 m
b = 0,90 m
a · b = 1,0215
s = 0,0300
Inhalt = 1,0515
x = veränderlich mit Wassermenge.

Zusammenstellung der sämtlichen Berechnungen und chemische[n]

Beobachtungen und Mess...

Datum	Stunde	Wetter	Wind	Luft Temperatur höchste ° R.	niedr. ° R.	mittlere ° R.	Wasser am Einl. °	Wasser am Abl. °	Rhein Wasserstand bei Nichl m	Grund Wasserstand bei Nichl m	Schwimm... weg. ... beobacht... Min	Sek	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5. Dez. 01	8 Uhr	klar	S.O.	— 2			+ 14				1	42	
Donnerstag	20										1	36	
abends	40							+ 13			1	38	
												296	[illegible]
do.	9 Uhr	„	„	— 2			+ 14				1	35	
	20										1	37	
	40							+ 13			1	39	
												291	97
do.	10 Uhr	„	„	— 2			+ 14				1	39	
	20										1	33	
	40							+ 13			1	41	
												293	[illegible]
do.	11 Uhr	„	„	— 2			+ 14				1	37	
	20										1	38	
	40							+ 13			1	36	
												291	97
nachts	12 Uhr	„	„	— 2			+ 13				1	37	
	20										1	35	
	40							+ 13			1	36	
												288	[illegible]
do.	1 Uhr	„	„	— 3			+ 13				1	38	
6. Dez. 01	20										1	33	
Freitag	40							+ 13			1	39	
												290	[illegible]
do.	2 Uhr	„	„	— 3			+ 13				1	40	
	20										1	36	
	40							+ 13			1	40	
												296	[illegible]
do.	3 Uhr	„	„	3			+ 14				1	37	
	20										1	40	
	40							+ 13			1	39	
												296	[illegible]
do.	4 Uhr	„	„	— 3			+ 13				1	40	
	20										1	37	
	40							+ 13			1	35	
												292	97
do.	5 Uhr	„	„	— 3			+ 14				1	27	
	20										1	52	
	40							+ 13			1	32	
												291	97
morgens	6 Uhr	„	„	— 4			+ 14				1	40	
	20										1	38	
	40							+ 13			1	36	
												294	98
do.	7 Uhr	„	„	— 4			+ 13		+ 0,36 K. P.	+ 1,56 K. P.	1	37	
	20										1	40	
	40							+ 12			1	39	
												296	99

[U]ntersuchungen, ausgeführt für die Probeentnahme No. IX. Tabelle C4.

[D]urchflussgeschwindigkeit 20 mm.

v = Durchflussgeschwindigkeit m	Pegelmessungen in m x^1	x^2	x^3	gem.	Durchflussprofil F=a b+s−x · b qm	Durchflussmenge Q = F · v.	Bemerkungen und aussergewöhnliche Beobachtungen
15	16	17	18	19	20	21	22
	0.500	0.506	0,502				
	0.512	0.508	0,505	0.506	0,597	0.301	
	0,514	0.506	0,503				
0.505							
	0,516	0,515	0,512				
	0.517	0.520	0,519	0.517	0.587	0,302	
	0,519	0.514	0.525				
0.515							
	0.507	0.512	0.515				
	0.510	0,509	0.514	0,511	0.592	0.302	
	0,515	0,513	0,508				
0.510							
	0.516	0.519	0.508				
	0.514	0.509	0,513	0.513	0.590	0.304	
	0.516	0,510	0.515				
0.515							
	0.519	0,522	0,525				
	0.520	0.527	0,523	0.523	0,581	0.302	
	0,524	0.520	0,525				
0.520							
	0.519	0.515	0.517				
	0.524	0.526	0.520	0,520	0.584	0.301	
	0.520	0.517	0,519				
0.515							
	0.509	0.505	0.507				
	0,504	0.510	0.508	0.508	0,595	0.300	
	0.503	0,514	0.510				
0.505							
	0.505	0.507	0.512				
	0.515	0.502	0.500	0,505	0.597	0,301	
	0,503	0.501	0.504				
0.505							
	0.513	0.510	0.508				
	0,505	0,507	0.502	0.508	0.595	0.306	
	0.510	0.512	0,505				
0.515							
	0.523	0.520	0.528				
	0.520	0.524	0.522	0.526	0.597	0,298	
	0.518	0.527	0.524				
0.515							
	0,514	0.507	0,510				
	0.510	0,512	0.508	0.510	0.593	0.302	
	0.506	0.509	0.510				
0.510							
	0.512	0.510	0.507				
	0,509	0.510	0.508	0.509	0.594	0.300	
	0.510	0.513	0.506				
0.505							

Zusammenstellung der sämtlichen Berechnungen und chemisch

Kläreffekt. Durchf

Datum	Dauer des Versuchs	Bezeichnung d. Versuchs	Probeentnahme am: Einlauf: Stundenprobe von	bis	Proben-Anz.	Ablauf: Stundenprobe von	bis	Proben-Anz.	I. Chemische Untersuchung: Ges. feste Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. feste Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Einlauf mg i. l.	Ges. Mineralst. Ablauf mg i. l.	Ges. org. Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. org. Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. gel. Stoffe Einlauf mg i. l.	Ges. gel. Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. miner. Einlauf mg i. l.	[illegible]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
5. Dez. 01	24 Std.		8 V		1		8,40 V	1										
			9 „		1		9,40 „	1										
			10 „		1		10,40 „	1	1415	1118	855	700	560	418	1023	1035	720	[illegible]
			11 „		1		11,40 „	1										
			12 „		1		12,40 „	1										
			1 N		1		1,40 N	1										
			2 „		1		2,40 „	1										
			3 „		1		3,40 „	1										
			4 „		1		4,40 „	1	1548	1248	888	803	660	445	1190	1185	790	[illegible]
			5 „		1		5,40 „	1										
			6 „		1		6,40 „	1										
			7 A		1		7,40 A	1										
			8 „		1		8,40 „	1										
			9 „		1		9,40 „	1										
			10 „		1		10,40 „	1	1258	1110	810	755	448	355	1023	1013	750	[illegible]
			11 „		1		11,40 „	1										
			12 N		1		12,40 N	1										
6. Dez. 01			1 „		1		1,40 „	1										
			2 „		1		2,40 „	1										
			3 „		1		3,40 „	1										
			4 „		1		4,40 „	1	898	840	670	653	228	187	798	785	610	[illegible]
			5 „		1		5,40 „	1										
			6 M		1		6,40 M	1										
			7 „		1		7,40 „	1										
							Sa.	.	5119	4316	3223	2911	1896	1405	4034	4018	2870	[illegible]
							Tagesdurchschnitt	.	1280	1079	806	728	474	351	1009	1005	717	[illegible]

mit Al…

[U]ntersuchungen, ausgeführt für die Probeentnahme No. IX. **Tabelle C4.**

[…]geschwindigkeit 20 mm.

[...]der Proben: Gel. org. Stoffe Einlauf mg i. l.	Gel. org. Stoffe Ablauf mg i. l.	Ges. susp. St. Einlauf mg i. l.	Ges. susp. St. Abl. mg i. l.	Susp. min. St. Einl. mg i. l.	Susp. min. St. Abl. mg i. l.	Susp. org. Stoffe Einlauf mg i. l.	Susp. org. Stoffe Ablauf mg i. l.	Differenz der susp. organ. Stoffe mg i. l.	Abnahme in %	II. Bakteriol. Untersuchung der Proben: 1 ccm enthält Keime am Einlauf	1 ccm enthält Keime am Ablauf	Abnahme %	Kanalwassermenge: Insgesamt cbm	Kanalwassermenge: durch die Kläranlage cbm	Schlammmenge: des Versuchs cbm	Schlammmenge: auf 1000 cbm Wasser
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
303	342	392	83	135	7	257	76	181	70,4	9 Uhr V: 3,34 Mill.	9.40 Uhr V: 3,20 Mill.	4.2	52704	26000	58	2,231
										12 Uhr V: 5,92 Mill.	12,40 U. N: 5,04 Mill.	14,9				
400	395	358	63	98	13	260	50	210	80,8	3 Uhr N: 7.94 Mill.	3,40 UhrN: 6,30 Mill.	20,7				
273	270	235	97	60	12	175	85	90	51,4							
188	175	100	55	60	43	40	12	28	70,0							
1164	1182	1085	298	353	75	732	223									
291	296	271	75	88	19	183.0	55,8	127.2	69,51							
der Nachtstunden 2 V—7 V						230,7	70,3	160.4	69.53							

Digitized by Google

Zusammenstellung der sämtlichen Berechnungen und chemischen

Schlammbehandlung. Du:

Datum	Dauer des Versuchs: Stunden	Dauer des Versuchs: nach Tagen	Dauer des Versuchs: Gesamtdauer	Aus dem Klärbecken gep. Schlammmenge	Entzogene Wassermenge durch: Drainage	Entzogene Wassermenge durch: Oberflächen-Abzug	Entzogene Wassermenge durch: Zusammen	Menge des drainierten Schlammes	Wassergehalt des Schlammes: Spez. Gewicht	Wassergehalt des Schlammes: Wasser	Wassergehalt des Schlammes: Trockensubst.
				cbm	l	l	l	cbm		%	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5. Dez. 01 A. 7 Uhr	24		14 Tage	58,0			33700	24,3	1,0274	92,80	7,2[illegible]
6. Dez. 01 V. 7 Uhr	12				5000			trübe, kalt			
7. Dez. 01 A. 7 Uhr	12				5750			" "			
7. Dez. 01 V. 7 Uhr	12	1			1070	7540		trübe. Niederschlag			
8. Dez. 01 A. 7 Uhr	12	2			800			ganzen Tag Regen und Sturm			
8. Dez. 01 A. 7 Uhr	12	2			700						
9. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	3			860	4150		trübe, Regen, Schnee, Sturm			
10. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	4			630			trübe, strichw. Regen, Sturm			
11. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	5			560			trübe, starkes Schneewehen			
12. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	6			680			trübe, Sturm			
13. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	7 1. Woche			690			trübe, bewölkt	—	87,12	12,[illegible]
14. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	8			540	1940		trübe. Regen, Sturm			
15. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	9			820			trübe. Schneegestöber			
16. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	10			510			trübe, leicht bev. Frost			
17. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	11			400			trübe, Frost			
18. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	12			380			" "			
19. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	13			370			trübe			
20. Dez. 01 A. 7 Uhr	24	14 2. Woche			310			trübe			
					20070	13630					

1) In der Trockensubstanz sind 37,77 % mineralische und 62,23 % organische Bestandteile.

Untersuchungen, ausgeführt für die Probeentnahme No. IX. Tabelle C4.

flussgeschwindigkeit 20 mm

Abnahme des Wassers	Beschaffenheit des Schlammes im Klärbecken											
	1. Beckenviertel Probe a			2. Beckenviertel Probe b			3. Beckenviertel Probe c			4. Beckenviertel Probe d		
	Wasser	Glührückstand	Glühverlust	Wasser	Glührückstand	Glühverlust	Wasser	Glührückstand	Glühverlust	Wasser	Glührückstand	Glühverlust
in %	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	91,63	33,49	66,51	90,92	39,98	60,02	90,34	37,67	62,33	91,04	42,69	57,31
		d. Trockensubstanz			d. Trockensubstanz			d. Trockensubstanz			d. Trockensubstanz	

24stündige Versuche mit 20 mm

Versuch V: Diensta

Datum	Dauer des Versuchs	Lfd. No. der Probe	Probenahme					
			Einlauf			Ablauf		
			Stundenprobe		Probe-Anzahl	Stundenprobe		Probe-Anzahl
	Std.		von	bis		von	bis	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Probenahme:			Probenahme:		
29. Oktober 01 Dienstag	24	1	8 Morg.		1	8,40 Morg.		1
"		2	9 "		1	9,40 "		1
"		3	10 "		1	10,40 "		1
"		4	11 "		1	11,40 "		1
"		5	12 Mittg.		1	12,40 Mittg.		1
"		6	1 "		1	1,40 "		1
"		7	2 "		1	2,40 "		1
"		8	3 "		1	3,40 "		1
"		9	4 "		1	4,40 "		1
"		10	5 "		1	5,40 "		1
"		11	6 "		1	6,40 "		1
"		12	7 Abend		1	7,40 Abend		1
"		13	8 "		1	8,40 "		1
"		14	9 "		1	9,40 "		1
"		15	10 "		1	10,40 "		1
"		16	11 "		1	11,40 "		1
"		17	12 Nacht		1	12,40 Nacht		1
30. Oktober 01 Mittwoch		18	1 "		1	1,40 "		1
"		19	2 "		1	2,40 "		1
"		20	3 "		1	3,40 "		1
"		21	4 "		1	4,40 "		1
"		22	5 "		1	5,40 "		1
"		23	6 Morg.		1	6,40 Morg.		1
"		24	7 "		1	7,40 "		1

urchflussgeschwindigkeit. **Tabelle C5.**

en 29. Oktober 1901.

Chem. Untersuchung der Proben								Differenz der susp. organ. Stoffe	Abnahme
Ges. feste Stoffe		Ges. Mineralstoffe		Ges. organ. Stoffe		Susp. organ. Stoffe			
Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
805	760	595	573	210	187	43	13	30	69,9
1315	1005	783	680	532	325	227	50	177	78,0
1623	1230	880	790	743	440	373	125	248	66.5
2028	1185	990	760	1038	425	663	75	588	88,7
1443	1165	788	720	655	445	308	115	193	62,7
1515	1140	800	713	715	427	375	107	268	71.5
1348	1200	795	738	553	462	223	57	166	74.4
1448	1175	838	750	610	425	260	90	170	65.4
1505	1198	833	768	672	430	269	80	189	70.3
1470	1195	838	775	632	420	297	108	189	63.6
1445	1178	855	778	590	400	250	55	195	78.0
1490	1130	850	780	640	350	275	50	225	81.8
1550	1128	883	790	667	338	350	38	312	89.1
1350	1130	770	735	580	395	290	75	215	74.1
1205	990	738	685	467	305	197	55	142	72.1
1253	1030	708	708	545	322	273	87	186	68.1
1175	1075	733	723	442	352	164	110	54	32.9
1073	1005	708	690	365	315	90	7	83	92,2
990	915	690	685	300	230	100	28	72	72.0
825	770	605	590	220	180	65	8	57	87.7
830	945	623	750	207	195	37	0	37	100.0
923	855	695	668	228	187	43	0	43	100.0
798	765	598	585	200	180	20	23	—	—
743	733	558	555	185	178	5	3	—	—
30150	24902	18154	16989	11996	7913	5197	1359	—	—
1256.3	1037.6	756,5	707.9	499,8	329.7	216.5	56.6	159,9	73,86

Digitized by Google

24stündige Versuche mit 4 m

Versuch 1: Freita

Datum	Dauer des Versuchs	Lfd. No. der Probe	Probenahme					
			Einlauf			Ablauf		
			Stundenprobe		Probe-Anzahl	Stundenprobe		Probe-Anzahl
	Std.		von	bis		von	bis	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Probenahme:			Probenahme:		
11. Januar 01 Freitag	24	1	8 Vorm.		1	11 Mittg.		1
„		2	9 „		1	12 „		1
„		3	10 „		1	1 „		1
„		4	11 „		1	2 „		1
„		5	12 Mittg.		1	3 „		1
„		6	1 „		1	4 Nachm.		1
„		7	2 „		1	5 „		1
„		8	3 „		1	6 „		1
„		9	4 Nachm.		1	7 „		1
„		10	5 „		1	8 Abend		1
„		11	6 „		1	9 „		1
„		12	7 „		1	10 „		1
„		13	8 Abend		1	11 „		1
„		14	9 „		1	12 Nacht		1
„		15	10 „		1	1 „		1
„		16	11 „		1	2 „		1
12. Januar 01 Samstag		17	12 Nacht		1	3 „		1
		18	1 „		1	4 Morg.		1
„		19	2 „		1	5 „		1
„		20	3 „		1	6 „		1
„		21	4 Morg.		1	7 „		1
„		22	5 „		1	8 „		1
„		23	6 „		1	9 „		1
„		24	7 „		1	10 „		1

urchflussgeschwindigkeit.

Tabelle C5.

len 11. Januar 1901.

Chem. Untersuchung der Proben								Differenz der susp. organ. Stoffe	Abnahme
Ges. feste Stoffe		Ges. Mineralstoffe		Ges. organ. Stoffe		Susp. organ. Stoffe			
Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1932,5	1316,5	732,0	516,5	1200,5	800,0	217,5	122,5	95,0	43,7
2035,0	1664,5	740,0	704,0	1295,0	960,5	322,5	289,0	33,5	10,4
2026,0	1486,5	837,5	684,0	1188,5	802,5	318,0	81,5	236,5	74,4
1892,5	1495,0	790,5	701,5	1102,0	793,5	544,0	69,0	475,0	87,3
1822,5	1505,0	785,0	764,0	1037,5	741,0	231,0	34,5	196,5	85,1
2191,5	1641,0	1046,1	880,0	1145,5	761,0	98,0	17,5	80,5	82,1
2206,0	1614,0	1109,0	841,5	1197,0	772,5	106,0	14,5	91,5	86,3
2056,5	1498,5	779,0	766,5	1277,5	732,0	358,5	87,0	301,5	84,1
2129,0	1606,5	945,0	756,5	1184,0	850,0	298,5	58,5	240,0	80,4
2011,5	1501,5	929,0	846,5	1082,5	655,0	228,0	43,0	185,0	81,1
1719,0	1354,0	789,5	607,0	929,5	747,0	136,5	76,0	60,5	44,3
1725,5	1384,0	806,5	683,0	946,0	701,0	292,0	30,5	261,5	89,6
1407,0	1382,0	740,5	766,0	667,0	616,0	103,0	82,0	21,0	20,4
1465,0	1422,0	670,0	635,0	795,0	787,0	243,0	57,0	186,0	76,5
1682,5	1357,0	807,5	695,0	875,0	662,0	140,0	43,5	96,5	68,9
1751,5	1347,0	837,5	628,0	914,0	719,0	144,5	59,0	85,5	59,2
1657,0	1229,0	620,0	605,0	1037,0	624,0	413,0	58,5	354,5	85,8
1543,5	1117,0	616,5	607,0	927,0	510,0	455,5	115,0	340,5	74,8
1612,5	1099,5	611,5	605,0	1001,0	494,5	494,5	96,0	398,5	80,6
1034,5	947,5	550,5	487,0	484,0	460,0	83,0	69,5	13,5	16,3
907,0	999,0	497,0	524,5	470,0	474,5	83,5	74,5	9,0	10,8
942,5	747,0	477,5	582,0	465,0	185,0	27,0	20,0	7,0	25,9
924,5	1011,0	428,5	541,0	496,0	470,0	92,0	86,0	6,0	6,5
1170,0	1039,5	614,0	557,0	556,0	482,0	104,5	96,0	8,5	8,1
39932,5	31764,5	17760,0	15984,0	22172,5	15800,0	5534,0	1750,5	—	—
1663,9	1323,5	740,0	666,0	923,8	658,3	230,6	73,0	157,6	68,3

24stündige Versuche mit 4 mm

Versuch IV: Dienstag.

Datum	Dauer des Versuchs Std.	Lfd. No. der Probe	Probenahme: Einlauf: Stundenprobe von	bis	Probe-Anzahl	Ablauf: Stundenprobe von	bis	Probe-Anzahl
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Probenahme:			Probenahme:		
8. October 01 Dienstag	24	1	8 Vorm.		1	11,40 Vorm.		1
		2	9 „		1	12,40 Mittg.		1
„		3	10 „		1	1,40 „		1
„		4	11 „		1	2,40 „		1
„		5	12 Mittg.		1	3,40 „		1
„		6	1 „		1	4,40 „		1
„		7	2 „		1	5,40 „		1
„		8	3 „		1	6,40 Abend		1
„		9	4 „		1	7,40		1
„		10	5 „		1	8,40 „		1
„		11	6 Abend		1	9,40 „		1
„		12	7 „		1	10,40 „		1
„		13	8 „		1	11,40 „		1
„		14	9 „		1	12,40 Nacht		1
„		15	10 „		1	1,40 „		1
„		16	11 „		1	2,40 „		1
„		17	12 Nacht		1	3,40 „		1
9. October 01 Mittwoch		18	1 „		1	4,40 „		1
		19	2 „		1	5,40 „		1
„		20	3 „		1	6,40 Morg.		1
„		21	4 „		1	7,40 „		1
„		22	5 „		1	8,40 „		1
„		23	6 Morg.		1	9,40 „		1
„		24	7 „		1	10,40 „		1

Durchflussgeschwindigkeit.

den 8. Oktober 1901.

Tabelle C5.

Chem. Untersuchung der Proben								Differenz der susp. organ. Stoffe	Abnahme
Ges. feste Stoffe		Ges. Mineralstoffe		Ges. organ. Stoffe		Susp. organ. Stoffe			
Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf		
mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	mg i. l.	in %
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1055	718	680	558	375	160	125	12	113	90.4
1163	850	723	593	440	257	160	54	106	66,3
1505	920	775	628	730	292	337	62	275	81,6
1338	953	735	603	603	350	240	87	153	63,5
1325	948	725	625	600	323	115	58	57	49.6
1263	990	715	630	548	360	218	50	168	77,1
1275	1050	675	645	600	405	250	135	115	46,0
1280	995	695	625	585	370	242	65	177	73,1
1415	1025	775	670	640	355	250	55	195	78,0
1230	1003	660	683	570	320	268	43	225	83,9
1280	1010	740	650	540	360	260	77	183	78,1
1310	988	765	678	545	310	205	57	148	72,2
1290	903	760	638	530	265	240	10	230	95,8
1348	963	815	648	533	315	243	38	205	84,4
1040	958	680	625	360	333	87	13	74	85,1
1088	895	683	630	405	265	158	27	131	82,9
1118	753	713	575	405	178	150	8	142	94,6
955	730	700	575	255	155	78	12	66	84.6
890	710	673	570	217	140	55	10	45	81,8
693	685	538	550	155	135	20	13	7	35,0
673	618	535	500	138	118	0	8	—	0
623	610	513	498	110	112	3	17	—	0
603	658	490	523	113	135	18	0	18	100.0
618	855	493	610	125	245	20	45	—	0
Sa. 26378	20788	16256	14530	10122	6258	3742	956	—	—
1099,2	866,2	677,3	605,5	421,8	260,8	155,9	39,8	116,1	74.47

Tabelle D. **Versuche mit 4 mm Durchflussgeschwindigkeit.**

Abnahme der susp. organ. Stoffe während der Tageszeiten.

Bezeichnung des Versuches	8 Uhr Vormittags bis 1 Uhr Nachmittags Morgenwässer Susp. organ. Stoffe			2 Uhr Nachmittags bis 7 Uhr Abends Mittagwässer Susp. organ. Stoffe			8 Uhr Abends bis 1 Uhr Nachts Abendwässer Susp. organ. Stoffe			2 Uhr Nachts bis 7 Uhr Vormittags Nachtwässer Susp. organ. Stoffe		
	Einlauf mg.i.1 l	Ablauf mg.i.1 l	Abnahme %	Einlauf mg.i.1 l	Ablauf mg.i.1 l	Abnahme %	Einlauf mg.i.1 l	Ablauf mg.i.1 l	Abnahme %	Einlauf mg.i.1 l	Ablauf mg.i.1 l	Abnahme %
I.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI.	255	85	66,7	294	78	73,5	246	82	66,7	36	20	44,4
VII.	312	78	75,0	318	77	75,8	178	23	87,1	55	28	50,0
X.	350	90	74,3	370	70	81,1	105	50	52,4	30	26	13,3
XI.	301	118	60,8	289	65	77,5	147	41	72,1	45	25	44,4
XIV.	305	77	74,8	338	55	83,7	197	58	70,6	165	77	53,3
XVI.	238	53	77,7	298	81	72,8	263	68	74,1	58	0	100,0
XVIII.	295	97	67,1	279	90	67,7	175	68	61,2	50	8	84,0
XXIV.	183	65	64,5	291	67	77,0	223	50	77,6	38	18	52,6
XXX.	313	65	79,2	346	78	77,5	207	58	72,0	50	37	26,0
	286	97	66,1	363	80	77,9	262	48	81,7	50	35	30,0
	240	93	61,3	323	60	81,4	274	47	82,8	40	47	Zunahme
XXXVII.	309	73	76,4	323	91	71,8	229	42	81,7	60	26	56,7
XXXVIII.	258	82	68,2	273	80	70,7	142	50	64,8	7	20	Zunahme
XLI.	258	100	61,2	277	91	67,2	220	57	74,1	Spur	0	—
XLV.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	55	17	69,1
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	28	44,0
Summe:	3903 (14 Versuche)	1173	973,3	4382 (14 Versuche)	1063	1055,6	2868 (14 Versuche)	742	1018,9	789 (16 Versuche)	412	Aus den Mittelwerten f. Einlauf u. Ablauf berechnete Gesamtabnahme
Mittelwerte:	279	84	69,5	313	76	75,4	205	53	72,8	49	26	46,9

Versuche mit 20 mm Durchflussgeschwindigkeit. **Tabelle D.**

Abnahme der susp. organ. Stoffe während der Tageszeiten.

Bezeichnung des Versuches	8 Uhr Vormittags bis 1 Uhr Nachmittags Morgenwässer Susp. organ. Stoffe			2 Uhr Nachmittags bis 7 Uhr Abends Mittagwässer Susp. organ. Stoffe			8 Uhr Abends bis 1 Uhr Nachts Abendwässer Susp. organ. Stoffe			2 Uhr Nachts bis 7 Uhr Vormittags Nachtwässer Susp. organ. Stoffe		
	Einlauf mg.i.1 l	Ablauf mg.i.1 l	Abnahme %	Einlauf mg.i.1 l	Ablauf mg.i.1 l	Abnahme %	Einlauf mg.i.1 l	Ablauf mg.i.1 l	Abnahme %	Einlauf mg.i.1 l	Ablauf mg.i.1 l	Abnahme %
II.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII.	302	74	75,5	370	82	77,8	185	65	64,9	42	10	76.2
IX.	257	76	70,4	260	50	80,8	175	85	51,4	40	12	70,0
XII.	230	77	68,3	343	101	70,6	270	73	72.9	87	15	82.8
XIII.	252	75	70,2	390	119	69,5	204	78	61.7	52	25	51,9
XV.	310	86	72,3	348	98	71.9	205	47	77,0	146	52	64,4
XIX.	270	77	71.5	345	72	79,1	242	40	83,5	58	38	34,5
XX.	185	50	72,9	212	84	60,4	130	60	53,8	15	25	Zunahm.
XXI.	330	116	64.8	307	100	67.4	241	65	73,0	90	42	53,3
	324	70	78.4	287	98	65.9	200	60	70,0	50	10	80,0
XXXI.	320	112	65,0	432	90	79,2	333	76	77.2	63	25	60,3
	301	107	64.4	398	83	79.1	300	49	83,7	52	25	51,9
XXXV.	335	88	73.7	290	62	78.6	200	77	61,5	28	31	—
XXXIX.	265	94	64.5	266	103	61,2	189	85	55,0	130	36	72.3
XL.	253	95	62,4	244	77	68.4	209	87	58,4	40	18	55,0
XLII.	300	98	67,3	308	95	69,2	216	63	70,8	46	0	100.0
XLIV.	235	83	64,7	252	81	67.9	213	91	57,3	36	38	—
	212	66	68.9	233	90	61,4	222	71	68,0	40	28	30,0
	335	102	69.6	318	128	59.8	213	87	59.2	37	13	64.9
XLVI.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	102	42	58,8
	368	108	70.7	347	112	67,7	255	70	72.5	75	40	46,7
Summa:	5384 (19 Versuche)	1654	1315.5	5955 (19 Versuche)	1725	1335,9	4202 (19 Versuche)	1329	1271,8	1229 (19 Versuche)	525	Aus den Mittelwerten f. Einlauf u. Ablauf berechn. Gesamtabnahme
Mittelwerte:	283	87	69.2	313	91	70,3	221	70	66,9	61	26	57,4

Digitized by Google

Tabelle D. **Versuche mit 40 mm Durchflussgeschwindigkeit.**

Abnahme der susp. org. Stoffe während der Tageszeiten.

Bezeichnung des Versuches.	8 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. Morgenwässer Susp. organ. Stoffe Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Abn. %	2 Uhr Nachm. bis 7 Uhr Abends Mittagwässer Susp. organ. Stoffe Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Abn. %	8 Uhr Abends bis 1 Uhr Nachts Abendwässer Susp. organ. Stoffe Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Abn. %	2 Uhr Nachts bis 7 Uhr Vorm. Nachtwässer Susp. organ. Stoffe Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Abn.
XVII.	235	86	63.4	328	126	61,6	197	85	56.9	—	—	–
XXII.	217	101	53.5	292	115	60.6	188	107	43.1	—	—	–
XXIII.	270	72	73.3	329	125	62.0	304	143	52.9	—	—	–
XXV.	240	102	57.6	363	123	66,1	277	92	66.8	—	—	–
XXVI.	379	103	72.8	318	120	62.3	233	105	54.9	—	—	–
XXVII.	332	142	57,2	352	108	69.3	273	120	56,0	—	—	–
XXVIII.	313	112	64.2	220	100	54.5	105	76	27,6	—	—	–
XXIX.	260	107	58.8	275	138	49.8	175	87	50.3	—	—	–
XXXII.	230	119	48.3	273	100	63.4	205	110	46.3	—	—	–
XXXIII.	263	77	70.7	300	123	59,0	232	80	65.5	—	—	
	280	97	64.4	344	127	63,1	215	126	60.0	—	—	–
	287	148	48.4	350	127	63,7	242	130	46.3	—	—	–
XXXVI.	297	105	64.6	310	75	75,8	263	106	59.7	—	—	–
	242	124	48,8	275	127	53,8	269	109	59,5	—	—	
XLIII.	262	109	58.4	312	148	52.6	205	91	55,6	—	—	
	301	115	61.3	273	112	59.0	188	111	41.0	—	—	–
Summa:	4408 (16 Vers.)	1719	966,2	4914 (16 Vers.)	1894	976.6	3671 (16 Vers.)	1678	842.4	—	—	
Mittelwerte:	276	107	60.4	307	118	61,0	229	105	52,7	—		–

Tabelle E. **Versuche mit 4 mm Durchflussgeschwindigkeit.**

Uebersicht über den Kläreffekt während der Tagesstunden bei Ausserbetrachtlassung der nach 12std. Ruhe nicht sedimentierten susp. organ. Stoffe.

Bezeichnung des Versuchs	Susp. organ. Stoffe währ. d. Tagesstund. Einlauf mg in 1 l	Ablauf mg in 1 l	Abnahm d. susp. org. Stoff. währ. d. Tag.-Std.	V. d. susp. org. Stoff. d. gekl. Wass. sediment. bei weit. ruhig. Stehen des Wassers in 12 Stund. nicht absolut mg in 1 l	in %	Bei Ausserbetrachtlassung der d. 12stündige Ruhe nicht abscheidbaren susp. organ. Stoffe bleiben unausgesch. mg in 1 l	in %	erhöht sich Kläreffekt a.
I.	270,7	73.9	72,7	—	—	—	—	–
IV.	193,7	45,9	76,30	—	—	—	—	–
VI.	263,0	81.7	68,93	—	—	—	—	–
VII.	269,3	59,3	77,98	—	—	—	—	–
X.	275,0	70,0	74,54	—	—	—	—	–
XI.	245,7	74,7	69,59	—	—	—	—	–
XIV.	251,3[1]	66,8[1]	73,42	—	—	—	—	–
XVI.	266,3	67,3	74,73	—	—	—	—	
XVIII.	249,7	85,0	65,96	—	—	—	—	–
XXIV.	232,3	60,7	73,87	—	—	—	—	—
XXX.	288,7	67,0	76,79	51,7	17,91	15,3	5,30	94,7.
	303,7	75,0	75,34	—	—	—	—	—
	279,0	66,7	76,09	48,3	17,31	18,4	6,60	93,40
XXXVII.	286,7	68,5	76,11	33,3	11,62	35,2	12,27	87,73
XXXVIII.	224,3	70,7	68,48	32,0	14,27	38,7	17,25	82,75
XLI.	251,7	82,7	67,16	35,5	14,10	47,2	18,74	81,26
XLV.	268,0	95,0	64,55	55,0	20,52	40,0	14,93	85,07
	258,0	80,0	68,99	62,5	24,23	17,5	6,78	93,22
Mittelwrt:	259,8	71,7	72,31	45,5	17,14	30,3	11,70	88,30

[1] Diese Zahlen beziehen sich auf den ganzen Tag ohne Abzug der Nachtstunden, weil die letzteren infolge Regens einen erhöhten Gehalt an susp. organ. Stoffen aufwiesen.

Digitized by Google

Versuche mit 20 mm Durchflussgeschwindigkeit. Tabelle E.

Uebersicht über den Kläreffekt während der Tagesstunden bei Ausserbetrachtlassung der nach 12 stündiger Ruhe nicht sedimentierten susp. org. Stoffe.

Bezeichnung des Versuchs	Susp. organ. Stoffe während der Tagesstunden: Einlauf mg in 1 l	Susp. organ. Stoffe während der Tagesstunden: Ablauf mg in 1 l	Abnahme der susp. org. Stoffe während der Tagesstunden	Von den susp. organ. Stoffen des geklärten Wassers sedimentierten bei weiterem ruhigem Stehen des Wassers in 12 Std. nicht: absolut mg in 1 l	Von den susp. organ. Stoffen …: in %	Bei Ausserbetrachtlassung der durch 12 stündige Ruhe nicht abscheidbaren susp. organ. Stoffe bleiben unausgeschieden: mg in 1 l	… bleiben unausgeschieden: in %	… erhöht sich der Kläreffekt auf %
II.	245,1	91,2	62,79	—	—	—	—	—
V.	264.6	69,7	73.66	—	—	—	—	—
VIII.	285,7	73.7	74.20	—	—	—	—	—
IX.	230,7	70,3	69.53	—	—	—	—	—
XII.	281.0	83,7	70,21	—	—	—	—	—
XIII.	282,0	90,7	67,84	—	—	—	—	—
XV.	252,3 [1])	70,8 [1])	71,94	—	—	—	—	—
XIX.	285.7	63,0	77.95	—	—	—	—	—
XX.	175,7	64,7	63.18	—	—	—	—	—
XXI.	302.2	93,7	67,99	66,0	21,84	27,7	10,17	89.83
	270.3	76,0	71,88	60.0	22.20	16.0	5,92	94,08
XXXI.	361,7	92.7	74,37	—	—	—	—	—
	383.0	79.7	76.07	59,3	17.81	20,4	6,12	93.88
XXXV.	274.8	75,5	72,53	37,3	13,57	38,2	13,90	86,10
XXXIX.	212,1 [1])	79,1 [1])	62.70	27,5	12.97	51,6	24.33	75,67
XL.	235,3	86,3	63,32	41,5	17,64	44.8	19.04	80,96
XLII.	274.3	85.1	68.98	45,0	16,41	40.1	14.61	85.39
	233,3	85.0	63,57	55,0	23,58	30,0	12.85	87,15
XLIV.	222.3	75.7	65,95	62,5	28,12	13.2	5.93	94.07
	288.7	105.7	63,39	73.5	25.46	32.2	11.15	88.85
XLVI.	317.0	103,0	67.51	79,5	25,08	23.5	7.41	92,59
	323.3	96.7	70.09	58,5	18.09	38.2	11.82	88,18
Mittelwert	270.5	82,4	69.08	55.5	20.23	31.3	11,94	88,06

Versuche mit 40 mm Durchflussgeschwindigkeit.

Bezeichnung des Versuchs	Einlauf mg in 1 l	Ablauf mg in 1 l	Abnahme	absolut mg in 1 l	in %	mg in 1 l	in %	Kläreffekt %
XVII.	253,2	98,7	61,02	—	—	—	—	—
XXII.	232,3	107,7	53,64	61,0	26,26	46.7	20,10	79,90
XXIII.	301.0	113.3	62,36	42,7	14.19	70,6	23.45	76.55
XXV.	293,3	105,7	63.96	71,0	24,21	34,7	11.83	88,17
XXVI.	310,0	109,3	64.74	60,7	19.58	48.6	15,68	84.32
XXVII.	319.0	123,3	61,35	—	—	—	—	—
XXVIII.	212,7	96.0	54.87	48,0	22.57	48,0	22.56	77,44
XXIX.	236,7	110.7	53.23	63,3	26,74	47.7	20,03	79.97
XXXII.	236.0	109,7	53.52	61,0	25,85	48,7	20,63	79.37
	265.0	93.3	64,79	59,3	22,38	34,0	12,83	87.17
XXXIII.	313.0	116,7	62.71	—	—	—	—	—
	293,0	135.0	53,92	57,3	19.56	77.9	26,52	73,48
XXXVI.	290,0	95.3	67.14	51.0	17.59	44,3	15.27	84,73
	262,0	120,0	54.20	—	—	—	—	—
XLIII.	259,7	116.0	55,33	49.0	18.87	67,0	25.80	74.20
	254,0	112.7	55.63	57,2	22,52	55.5	21.85	78.15
Mittelwert	270,7	110,2	58,90	56.8	21,69	51,9	19,71	80.29

[1]) Diese Zahlen beziehen sich auf den ganzen Tag ohne Abzug der Nachtstunden, weil diese infolge Regens einen erhöhten Gehalt an susp. organ. Stoffen aufweisen.

Digitized by Google

Versuche mit 4 m

Ergebnisse der che

Bezeichnung des Versuches	Ges. feste Stoffe		Ges. Mineralstoffe		Ges. organ. Stoffe		Ges. gelöste Stoffe		Gel. Mineralstoffe		Gel. organ. Stoffe	
	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf	Einlauf	Ablauf
	mg i. 1 l	mg i. 1 l	mg i. 1 l	mg i. 1 l	mg i. 1 l	mg i. 1 l	mg i. 1 l	mg i. 1 l	mg i. 1 l	mg i. 1 l	mg i. 1 l	mg i. 1 l
I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV	1099	866	677	606	422	261	891	814	624	593	266	[illegible]
VI	1147	937	698	653	450	284	865	847	623	630	242	[illegible]
VII	1197	934	735	649	462	285	877	867	631	634	246	[illegible]
X	1248	985	768	675	480	311	943	912	677	660	266	[illegible]
XI	1187	985	727	662	460	323	919	901	654	640	265	[illegible]
XIV	1167	886	662	582	506	304	794	783	540	546	255	[illegible]
XVI	1332	1064	818	739	514	325	1041	1000	742	724	300	[illegible]
XVIII	1163	996	649	625	514	371	908	905	594	600	314	[illegible]
XXIV	1149	969	698	645	451	323	916	897	649	623	267	[illegible]
XXX	1172	901	706	608	466	283	866	830	629	607	237	[illegible]
	1230	959	748	671	482	288	889	871	647	648	242	[illegible]
	1202	948	742	673	459	275	899	868	659	655	240	[illegible]
XXXVII	1052	794	694	620	358	175	748	730	620	613	128	[illegible]
XXXVIII	977	796	673	623	303	173	748	730	615	615	133	[illegible]
XLI	1003	783	695	623	308	160	747	718	628	620	119	[illegible]
XLV	1159	845	754	635	404	210	866	766	677	631	190	[illegible]
	1219	961	807	735	412	226	913	874	707	715	206	[illegible]
Summa	19703	15609	12251	11034	7451	4577	14830	14313	10916	10754	3916	[illegible]
Mittelwerte	1159,0	918,2	720,6	649,0	438,3	269,2	872,4	841,9	642,1	632,6	230,4	[illegible]

Digitized by Google

)urchflussgeschwindigkeit. **Tabelle F.**

chen Untersuchung.

Ges. suspend. Stoffe Einlauf mg i. 1 l	Ges. suspend. Stoffe Ablauf mg i. 1 l	Susp. Mineralstoffe Einlauf mg i. 1 l	Susp. Mineralstoffe Ablauf mg i. 1 l	Susp. organ. Stoffe Einlauf mg i. 1 l	Susp. organ. Stoffe Ablauf mg i. 1 l	Abnahme der susp. organ. Stoffe: Gesamtabnahme absolut	Gesamtabnahme in %	Mit Abzug der Nachtstunden von 2 bis 7 Uhr Vorm.	Desgl. und mit Abzug der nach 12-stündigem ruhigen Stehen des Abflusses nicht sedimentierten suspend. organischen Teilchen
—	—	—	—	230,6	73,0	157,6	68,3	72,7	—
209	52	53	12	155,9	39,8	116,1	74,47	76,3	—
283	90	75	23	207,8	66,3	141,5	68,09	68,93	—
320	67	104	16	215,8	51,5	164,3	76,14	77,98	—
305	73	91	14	213,8	59,0	154,8	72,40	74,54	—
268	85	73	22	195,5	62,3	133,2	68,13	69,59	—
373	104	122	36	251,3	66,8	184,5	73,42	73,42	—
290	65	76	14	214,3	50,5	163,8	76,43	74,73	—
255	91	55	25	199,8	65,8	134,0	67,07	65,96	—
233	72	49	22	183,8	50,0	133,8	72,79	73,87	—
306	71	77	12	229,0	59,5	169,5	74,02	76,79	94,70
342	88	102	23	240,3	65,0	175,3	72,95	75,34	—
303	80	84	18	219,3	61,8	157,5	71,82	76,09	93,40
304	65	74	7	229,9	57,8	172,1	74,86	76,11	87,73
229	66	59	8	170,0	58,0	112,0	65,88	68,48	82,75
256	65	67	2	188,8	62,0	126,8	67,16	67,16	81,26
292	80	78	4	214,8	75,5	139,3	64,85	64,55	85,07
306	87	100	20	206,0	67,0	139,0	67,47	68,99	93,22
4874	1301	1339	278	3766,7	1091,2		1276,38	1301,43	
286,7	76,5	78,8	16,4	209,3	60,6	148,7	70,90	72,31	88,30

Versuche mit 20 [illegible]

Ergebnis[illegible]

Bezeichnung des Versuches	Ges. feste Stoffe		Ges. Mineralst.		Ges. org. Stoffe		Ges. gel. Stoffe		Gel. Mineralst.		Gel. org. [illegible]	
	Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l
II.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V.	1256	1038	757	708	500	330	977	962	693	688	283	[illegible]
VIII.	1232	979	732	656	501	323	928	907	652	642	276	[illegible]
IX.	1280	1079	806	728	474	351	1009	1005	718	709	291	[illegible]
XII.	1409	1149	867	763	542	486	1059	1041	750	722	310	[illegible]
XIII.	1291	1052	802	719	490	333	964	947	698	688	265	[illegible]
XV.	1243	925	741	617	502	309	869	826	619	588	250	[illegible]
XIX.	1473	1229	917	842	557	387	1159	1146	832	816	327	[illegible]
XX.	1067	942	635	614	432	328	870	858	573	585	296	[illegible]
XXI.	1420	1146	894	780	526	366	1041	1040	757	755	284	[illegible]
XXXI.	1191	924	724	638	467	286	877	837	625	611	252	[illegible]
	1302	1012	772	693	531	319	912	902	669	659	244	[illegible]
	1234	955	727	656	507	299	882	862	637	630	244	[illegible]
XXXV.	1137	932	750	686	387	246	832	844	658	662	174	[illegible]
XXXIX.	1075	860	721	651	354	209	765	763	623	632	142	[illegible]
XL.	1000	845	687	649	314	196	753	763	626	636	127	[illegible]
XLII.	1009	792	661	604	347	188	718	708	586	584	131	[illegible]
XLIV.	1111	903	769	692	342	212	825	808	667	669	158	[illegible]
	1082	890	755	690	327	200	817	806	667	670	150	[illegible]
XLVI.	1222	970	802	719	421	252	887	859	692	690	195	[illegible]
	1365	1071	882	792	483	279	986	951	766	760	220	[illegible]
	1302	1043	855	777	447	267	935	933	750	749	186	[illegible]
Summa	25701	20736	16256	14674	9451	6066	19065	18768	14258	14145	4805	[illegible]
Mittelwerte	1223,9	987,4	774,1	698,8	450,0	288,9	907,9	893,7	678,9	673,6	228,8	[illegible]

Versuche mit 40 [illegible]

Ergebnis[illegible]

XVII.	1482	1235	877	788	606	447	1130	1117	778	769	353	[illegible]
XXII.	1353	1160	803	738	850	422	1031	1020	713	706	317	[illegible]
XXIII.	1413	1143	788	714	625	428	1007	1003	683	688	324	[illegible]
XXV.	1355	1105	751	684	604	422	965	965	654	649	311	[illegible]
XXVI.	1414	1129	815	720	598	408	973	986	684	687	288	[illegible]
XXVII.	1376	1085	760	686	616	399	947	921	650	645	297	[illegible]
XXVIII.	1177	1015	644	608	533	406	890	876	570	566	320	[illegible]
XXIX.	1250	1059	748	688	503	371	904	909	638	649	266	[illegible]
XXXII.	1316	1111	779	706	538	405	970	952	669	657	302	[illegible]
XXXIII.	1344	1072	763	675	581	397	973	937	657	633	316	[illegible]
	1461	1168	817	734	644	434	1030	1005	699	688	331	[illegible]
	1339	1107	766	694	573	413	893	897	613	619	280	[illegible]
XXXVI.	1424	1114	883	784	541	329	980	955	729	721	251	[illegible]
	1469	1110	993	788	477	322	900	899	685	697	215	[illegible]
XLIII.	1201	1011	795	756	406	255	851	853	705	714	146	[illegible]
	1181	949	800	718	382	231	813	802	685	684	128	[illegible]
Summa	21555	17573	12783	11481	8777	6089	15257	15097	10812	10772	4445	[illegible]
Mittelwerte	1347,2	1098,3	798,9	717,6	548,6	380,6	953,6	943,6	675,7	773,3	277,8	270,4

Durchflussgeschwindigkeit.

Tabelle F.

-chemischen Untersuchung.

Ges. susp. Stoffe		Susp. Mineralst.		Susp. org. Stoffe		Abnahme der susp. org. Stoffe			
						Gesamtabnahme		Mit Abzug der Nachtstunden von 2–7 Uhr Vorm.	Desgleichen mit Abzug der nach 12 stündigem ruhigen Stehen des Abflusses nicht sedimentierten susp. org. Teilchen
Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Einlauf mg i. 1 l	Ablauf mg i. 1 l	Absolut	In Procenten		
—	—	—	—	173,1	70,2	102,9	59,45	62,79	—
—	—	—	—	(133,7)	(21,7)	(112,0)	(83,71)	(83,71	—
280	76	63	20	216,5	56,6	159,9	73,86	73,66	—
304	72	80	14	224,8	57,8	167,0	74,29	74,20	—
271	75	88	19	183,0	55,8	127,2	69,51	69,53	—
350	108	117	41	232,5	66,5	166,0	71,39	70,21	—
328	105	103	31	224,5	74,3	150,2	66,90	67,84	—
374	100	122	29	252,3	70,8	181,5	71,94	71,94	—
314	83	85	26	228,8	56,8	172,0	75,17	77,95	—
198	84	62	29	135,5	54,8	80,7	59,56	63,18	—
380	106	138	26	242,0	80,8	161,2	66,61	67,99	89,83
314	87	98	27	215,3	59,5	155,8	72,36	71,88	94,08
390	110	103	34	287,0	75,8	211,2	73,59	74,37	—
352	93	89	27	262,8	66,0	196,8	74,88	76,07	93,88
305	88	92	24	213,0	64,3	148,7	69,81	72,53	86,10
310	98	98	19	212,1	79,1	133,0	62,70	62,70	75,67
247	83	61	13	186,5	69,3	117,2	62,84	63,32	80,96
292	84	75	20	217,1	63,9	153,2	70,57	68,98	85,39
286	96	102	22	184,0	73,3	110,7	60,16	63,57	87,15
264	84	88	20	176,8	63,8	113,0	63,91	65,95	94,07
336	111	110	29	225,8	82,5	143,3	63,46	63,39	88,85
379	120	116	32	263,3	87,8	175,5	66,65	67,51	92,59
366	110	105	28	261,3	82,5	178,8	69,42	70,09	88,18
6640	1973	1995	530	4818,0	1512,2	—	1498,03	1519,65	—
316,2	94,0	95,0	25,2	219,0	68,7	150,3	68,09	69,08	88,06

Durchflussgeschwindigkeit (nur Tageswässer).

Tabelle F.

-chemischen Untersuchung.

352	118	99	19	258,2	98,7	154,5	61,02	—	—
322	140	89	32	232,3	107,7	124,6	53,64	—	79,90
406	140	105	27	301,0	113,3	187,7	62,36	—	76,55
391	140	97	34	293,3	105,7	187,6	63,96	—	88,17
441	143	131	33	310,0	109,3	200,7	64,74	—	84,32
429	164	110	41	319,0	123,3	195,7	61,35	—	—
287	138	74	42	212,7	96,0	116,7	54,87	—	77,44
347	150	110	39	236,7	110,7	126,0	53,23	—	79,97
346	159	110	49	236,0	109,7	126,3	53,52	—	79,37
371	136	106	42	265,0	93,3	171,7	64,79	—	87,17
431	163	118	46	313,0	116,7	196,3	62,71	—	—
446	210	153	75	293,0	135,0	158,0	53,92	—	73,48
444	159	154	63	290,0	95,3	194,7	67,14	—	84,73
570	211	308	91	262,0	120,0	142,0	54,20	—	—
350	158	90	42	259,7	116,0	143,7	55,33	—	74,20
369	147	115	34	254,0	112,7	141,3	55,63	—	78,15
6302	2476	1969	709	—	—	—	942,41	—	—
393,9	154,8	123,1	44,3	270,7	110,2	160,5	58,90	—	80,29

Versuche mit 4 mm

Menge und Beschaffen-

Bezeichnung des Versuches	Schlammmenge: Im Ganzen cbm	Schlammmenge: Auf 1000 cbm Abwasser cbm	Beschaffenheit des Schlammes: Spez. Gewicht	Wasser %	Trocken-substanz %	In der Trockensubstanz: Mineralstoffe %	In der Trockensubstanz: Org. Stoffe %
I.	26	5.015	—	97,31	2,69	—	—
IV.	23	4,364	—	—	—	—	—
VI.	20	3.734	1,0105	96.66	3.34	32,05	67.95
VII.	19	3,664	1,0161	96,06	3.94	35,57	64.43
X.	22	4,244	1.0149	95,79	4.21	35,88	94.12
XI.	18	3,472	1,0195	95,00	5,00	35.25	64,75
XIV.	22	4.244	1,0260	93,92	6.08	40.99	59.01
XVI.	24	4,630	1,0139	96.18	3,82	36.35	63,65
XVIII.	21	4.264	1,0219	94.57	5.43	31,60	68,40
XXIV.	18	3,472	—	—	—	—	—
XXXVII.	19	3,927	1.0192	95,36	4.64	34.22	65.78
XXXVIII.	19,5	3,825	1.0199	95,40	4.60	35.96	64.04
XLI.	19	3,665	1,0209	95,07	4.93	36.18	63.82
Mittelwerte	**20,8**	**4.040**	**1,0183**	**95,57**	**4,43**	**35,41**	**64.59**

Versuche mit 20 mm

Menge und Beschaff-

Bezeichnung des Versuches	Im Ganzen cbm	Auf 1000 cbm Abwasser cbm	Spez. Gewicht	Wasser %	Trocken-substanz %	Mineralstoffe %	Org. Stoffe %
II.	69	2,662	1,025	—	—	—	—
III.	74	2,847	—	94.65	5.35	—	—
V.	72	2.773	1,0243	—	—	—	—
VIII.	62	2,392	1,0255	92.77	7,23	32.94	67,06
IX.	58	2,231	1,0274	92,80	7.20	37.77	62,23
XII.	71	2.795	1,0244	94.25	5.75	35.43	64.57
XIII.	61	2.322	1,0347	92,15	7.85	41.41	58.59
XV.	63	2.400	1.0247	92.44	7,56	38.47	61.53
XIX.	65	2.632	1.0268	93.18	6.82	33.98	66,02
XX.	48	1.827	1.0249	93.44	6.56	27,76	72.24
XXI.	71	2.999	1.0382	91,41	8,59	39,49	60.51
XXXV.	67	2,551	1.0273	92.61	7.39	33.08	66.92
XXXIX.	64	2.437	1,0303	92,56	7.44	35,99	64,01
XL.	61	2,315	1,0233	93.86	6.14	33.85	66,15
XLII.	50	1,929	1.0335	91,18	8,82	33,18	66.82
Mittelwerte	**64**	**2.474**	**1,0279**	**92.87**	**7,13**	**35,28**	**64,72**

Versuche mit 40 mm Durchflussgeschwindig-

Menge und Beschaf-

Bezeichnung des Versuches	Im Ganzen cbm	Auf 1000 cbm Abwasser cbm	Spez. Gewicht	Wasser %	Trocken-substanz %	Mineralstoffe %	Org. Stoffe %
XVII.	122	2.948	1.0237	93.67	6.33	33.91	66,09
XXII.	78	2.135	1,0305	91.11	8,89	33.12	66.88
XXIII.	90	2.455	1.0306	90,62	9.38	30.09	69.91
XXV.	96	2,614	1,0270	91,68	8.32	29,57	70.45
XXVI.	93	2,528	1.0278	92,81	7.19	28.05	71,95
XXVII.	98	2,664	1,0337	89,49	10,51	33.75	66.25
XXVIII.	68	1,858	1,0331	91,26	8.74	29.22	70.78
XXIX.	91	2.486	1,0288	91.17	8,83	35.40	64.60
XXXII.	87	2,361	1.0375	90.23	9.77	34.37	65,63
Mittelwerte	**91**	**2,450** [1]	**1.0303**	**91,34**	**8,66**	**31,94**	**68,06**

[1]) Auf einen theoretischen 24 Stunden-Versuch umgerechnet (bei Vernachlässigung der geringen Schlam-

)urchflussgeschwindigkeit.

Tabelle G.

ieit des Schlammes.

Verhältnis von Mineralstoffen zu organ. Stoffen in den Beckenvierteln bezogen auf die Trockensubstanz

1. Beckenviertel		2. Beckenviertel		3. Beckenviertel		4. Beckenviertel	
Mineralstoffe %	Org. Stoffe %	Mineralstoffe %	Org. Stoffe %	Mineralstoffe %	Org. Stoffe %	Mineralstoffe %	Org. Stoffe %
29.98	70,02	28,91	71,09	42,12	57,88	32,26	67,74
42,80	57.20	37,99	62,01	36,37	63,63	34,77	65,23
34,15	65,85	38,29	61.71	40,32	59,68	34,83	65,17
38,35	61,65	40.07	59.93	37,61	62.39	32,48	67,52
—	—	—	—	—	—	—	—
35,42	64,58	36,37	63,63	39,55	60,45	39,52	60.48
40,18	59,81	43,92	56,08	44,85	55,15	43,17	56,83
36,24	63,76	38,19	61,81	38,10	61,90	35,10	64,90
30,53	69,47	32,75	67,25	35.48	64,52	36,08	63,92
—	—	—	—	—	—	—	—
45,46	54,54	38,43	61,57	36,63	63,37	38,00	62,00
—	—	—	—	—	—	—	—
35,02	64,98	34,26	65,74	31,83	68,17	43,90	56,10
36,81	**63,19**	**36,92**	**63,08**	**38,29**	**61,71**	**37,01**	**62,99**

Durchflussgeschwindigkeit.

ieit des Schlammes.

—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
25,09	74,91	31,43	68,57	39,29	60,71	30,41	69,59
31,73	68,27	39,20	60,80	38,17	61,83	35,59	64,41
33,49	66,51	39,98	60,02	37,67	62,33	42,69	57,31
23,59	76,41	39,77	60,23	36,95	63,05	37,06	62,94
31,13	68,87	47,04	52,96	47,59	52,41	46,95	53,05
—	—	—	—	—	—	—	—
26,79	73,21	35,23	64,77	26,23	73,77	32,32	67,68
24,30	75.70	30,67	69,33	32,14	67,86	29,13	70,87
—	—	—	—	—	—	—	—
30,65	69,35	33,94	66,06	27,24	72,76	34,02	65,98
39,32	60,78	39,81	60,19	38,51	61,49	35,07	64,93
32,14	67,86	36,98	63,02	34,13	65,87	36,74	63,26
34,30	65,70	36,61	63,39	34,63	65,37	36,60	63,40
30,22	**69,78**	**37,33**	**62,67**	**35,69**	**64,31**	**36,05**	**63,95**

{eit (während der Tagesstunden).

ieit des Schlammes.

31,67	68,33	37,75	62.25	38,88	61,12	36,35	63,65
32,99	67,01	36,54	63,46	37,84	62,16	37,14	62,86
24.97	75,03	35,71	64,29	38,58	61,42	37,64	62,36
32,23	67,77	31,35	68,65	32,42	67,58	34,09	65,91
29,48	70,52	32,52	67,88	33,06	66,94	33,57	66,43
29,01	70,99	35,22	64,78	36,14	63,86	37,55	62,45
19,37	80,63	37,29	62,71	38,75	61,25	41,55	58,45
33,21	66,79	34,42	65,58	38,62	61,38	37,68	62,32
—	—	—	—	—	—	—	—
29,12	**70,88**	**35,10**	**64,90**	**36,79**	**63,21**	**36,95**	**63.05**

ienge während der Nachtstunden) würde sich auf 1000 cbm Abwasser 1,838 cbm Schlamm ergeben.

Ergebnisse der bakteri

Bezeichnung des Versuchs	Durchflussgeschwindigkeit	1. Probenahme		Keimzahl		Abnahme	2. Probenahme	
		Einlauf	Ablauf	Einlauf Millionen in 1 ccm	Ablauf Millionen in 1 ccm	%	Einlauf	Ablau
I.	4 mm	—	—	0,89	0,54	39,3	—	—
VI.	„	9 Uhr V.	12,40 N.	15,4	8,74	43,2	12 Uhr V.	3.40 N
VII.	„	„	„	6,77	3,63	44,7	„	„
X.	„	„	„	—	—	—	„	„
XI.	„	„	„	—	—	—	„	„
XIV.	„	„	„	3,01	2,58	14,3	„	„
XVI.	„	„	„	4,00	6,78	Zunahme	„	„
XVIII.	„	„	„	2,69	3,31	„	„	„
XXXVIII.	„	„	„	18,79	11,97	36,3	„	„
II.	20 mm	9 Uhr V.	9,40 V.	1,05	0,22	79,0	—	—
VIII.	„	„	„	3,73	2,26	39,4	12 Uhr V.	12,40 N
IX.	„	„	„	3,34	3,20	4,2	„	„
XII.	„	„	„	2,69	2,33	13,5	„	„
XIII.	„	„	„	2,37	1,85	21,9	„	„
XV.	„	„	„	4,93	3,20	35,1	„	„
XIX.	„	„	„	5,39	5,39	0	„	„
XX.	„	„	„	2,88	6,85	Zunahme	„	„
XVII.	40 mm	9 Uhr V.	9,25 V.	4,16	3,70	11,0	12 Uhr V.	12,25 N
XXII.	„	„	„	1,73	1,41	18,5	„	„
XXIII.	„	„	„	2,31	1,39	39,9	„	„
XXV.	„	„	„	1,66	1,09	34,3	„	„
XXVI.	„	„	„	8,16	2,16	73,5	„	„
XXVII.	„	„	„	4,00	2,31	42,3	„	„
XXVIII.	„	„	„	1,54	—	—	„	„
XXIX.	„	„	„	5,08	1,69	66,7	„	„

Ausser diesen, sich an die chemischen Untersuchungen anschliessenden, sind noch die folge

Datum	Klärgeschwindigkeit	Keimzahl i. Einlauf in 1 ccm
14. März 01	4 mm	24 930 000 nicht verflüssigende
		+ 3 860 000 verflüssigende
		Sa. 28 790 000
2. Juli 01		22 960 000
23. Juli 01		102 900 000

Diese bakteriologischen Untersuchungen, sowie diejenigen bei den Versuchen I und II der

Digitized by Google

logischen Untersuchung.

Tabelle H.

Keimzahl Einlauf Millionen in 1 ccm	Keimzahl Ablauf Millionen in 1 ccm	Abnahme %	3. Probenahme Einlauf	3. Probenahme Ablauf	Keimzahl Einlauf Millionen in 1 ccm	Keimzahl Ablauf Millionen in 1 ccm	Abnahme %	Mittlere Abnahme %
—	—	—	—	—	—	—	—	39,3
8,0	5,6	30,0	3 Uhr N.	6,40 N.	7,08	3,04	57,2	43,5
5,54	4,1	26,0	"	"	4,62	2,15	53,4	41,9
12,32	2,92	76,3	"	"	5,08	4,00	21,3	48,8
5,33	1,09	79,6	"	"	4,62	2,31	50,0	64,8
5,48	3,15	42,5	"	"	4,43	3,30	25,5	27,4
8,93	3,23	63,8	"	"	7,08	5,70	19,5	—
10,75	6,40	40,5	"	"	6,76	5,12	11,1	—
10,94	6,78	38,0	"	"	8,83	6,14	30,5	34,9
—	—	—	—	—	—	—	—	79,0
7,78	6,0	22,9	3 Uhr N.	3,40 N.	4,19	3,54	15,5	25,9
5,92	5,04	14,9	"	"	7,94	6,30	20,7	13,3
5,70	4,07	28,6	"	"	5,35	3,01	43,7	28,6
5,36	3,08	42,5	"	"	5,33	3,73	30,0	31,5
12,54	8,64	31,1	"	"	12,50	4,48	64,2	43,5
13,24	7,70	41,8	"	"	7,85	5,24	33,2	25,0
11,46	4,61	59,8	"	"	3,52	2,30	34,7	—
14,78	9,39	36,5	3 Uhr N.	3,25 N.	6,62	4,16	37,2	28,2
2,25	1,73	23,1	"	"	1,60	1,22	23,7	21,8
3,85	1,85	51,9	"	"	2,31	1,41	38,9	43,6
2,88	1,86	35,4	"	"	2,37	1,28	46,0	38,6
8,47	3,23	61,9	"	"	3,08	1,39	54,9	63,4
5,54	2,16	61,0	"	"	4,16	1,85	55,5	52,9
3,58	1,47	58,9	"	"	2,69	1,34	50,2	54,6
6,47	2,46	61,9	"	"	3,08	1,54	50,0	59,5

bakteriologischen Untersuchungen ausgeführt worden.

Keimzahl i. Ablauf i. 1 ccm		Abnahme in Procenten
7 100 000	nicht verflüssigende	
1 140 800	verflüssigende	
Sa. 8 240 000		71,4 %
21 830 000		4,9 %
64 800 000		37,0 %

stehenden Tabelle sind von Dr. Czaplewski, die übrigen von Dr. Grosse-Bohle ausgeführt worden.

Digitized by Google

Chemische Rheinwasser-

Nummer	Datum 1902	Wasserstand	Wetter	Probeentnahme	Suspendirte Stoffe: Insgesammt oberh. mg in 1 l	Insgesammt unterh. mg in 1 l	Glührückstand oberh. mg in 1 l	Glührückstand unterh. mg in 1 l	Glühverlust oberh. mg in 1 l	Glühverlust unterh. mg in 1 l
I.	30. Mai	3,63	Schön	Strommitte	26,2	—	19,9	—	6,3	—
II.	2. Juni	3,18	Schön	Strommitte	27,4	—	24.0	—	3,4	—
III.	9. Juni	3,19	Kühl, teilw. Regen	Strommitte	52,0	—	46,9	—	5,1	—
IV.	9. Juni	3.19	Kühl, regner.	Linkes Ufer	26,8	—	24,6	—	2.2	—
V.	16. Juni	3,12	Regnerisch	Strommitte	31,0	—	26,8	—	4,2	—
VI.	26. Juni	3,03		Strommitte	39,7	—	34,0	—	5,7	—
VII.	23. Juli	2.50	Regnerisch	Linkes Ufer	—	39,0	—	32,2	—	6,[illegible]
				Strommitte	38,5	37,2	34,9	32,8	3,5	4,4
				Rechtes Ufer	—	34,5	—	29,6	—	4,9
				Mittelwerte	**38,5**	**36,9**	**34,9**	**31,5**	**3,5**	**5,4**
VIII.	29. Aug.	2.22	Schön	Linkes Ufer	29,1	31,3	25.3	25.6	3,8	5,7
				Strommitte	33,6	30,2	28,3	26,2	5.3	4,0
				Rechtes Ufer	20,5	27,7	17.4	24.6	3.1	3,1
				Mittelwerte	**27,7**	**29,7**	**23.7**	**25,5**	**4,1**	**4,[illegible]**
IX.	22. Sept.	2,15	Schön	Linkes Ufer	23,9	24,0	20,6	19.6	3.3	4,[illegible]
				Strommitte	24,3	20,1	21,0	18,4	3,3	1,7
				Rechtes Ufer	22,9	22.0	18,6	19,1	4.3	2,[illegible]
				Mittelwerte	**23,7**	**22,0**	**20.1**	**19.0**	**3.6**	**3,0**
X.	3. Oct.	1,35	Kühl, am Tage vorher Regen	Linkes Ufer	14,1	13.5	12.5	11.5	1.6	[illegible]
				Strommitte	13,1	13.2	11.1	12.0	2.0	[illegible]
				Rechtes Ufer	15,0	15,4	13,1	13.9	1.9	[illegible]
				Mittelwerte	**14.1**	**14,0**	**12,2**	**12,5**	**1,8**	**1,[illegible]**
XI.	17. Oct.	1,92	Regnerisch i. Stromgebiet. Rhein stark ansteigend	Linkes Ufer	81,3	78,2	75,2	70,4	6,1	[illegible]
				Strommitte	98,4	94,2	—	88,9	—	[illegible]
				Rechtes Ufer	79,2	54,1	72.9	49,2	6,3	[illegible]
				Mittelwerte	**86,3**	**75,5**	**74,0**	**69,5**	**6,2**	**[illegible]**
XII.	13. Nov.	1,26	Kühl, Nebel	Linkes Ufer	10,7	12,3	9,3	9,9	1.4	[illegible]
		30 · 74		Strommitte	10,8	10,8	9,7	9,3	1,1	[illegible]
		12		Rechtes Ufer	10,5	12,7	9,5	11,5	1,0	[illegible]
		Mittel = 2,56		**Mittelwerte**	**10,7**	**11,9**	**9,5**	**10.2**	**1,2**	**1,[illegible]**
			Mittelwerte der Versuche		**33,5**	**31.6**	**29,1**	**28.0**	**3,4**	**3,[illegible]**

*) Diese Zahlen für die Oxydierbarkeit sind auffallend hoch; vielleicht war das Wasser an de

Untersuchungen.

Gelöste Stoffe																	
Abdampfrückstand		Glührückstand		Glühverlust		Oxydierbarkeit mg Kaliumpermanganat		Ammoniak		Salpetr. Säure		Salpeter-Säure		Chlor		Sauerstoff	
oberh. mg in 1 l	unterh. mg in 1 l	oberh. mg in 1 l	unterh. mg in 1 l	oberh. mg in 1 l	unterh. mg in 1 l	oberh. mg in 1 l	unterh. mg in 1 l	oberh. mg in 1 l	unterh. mg in 1 l	oberh. mg in 1 l	unterh. mg in 1 l	oberh. mg in 1 l	unterh. mg in 1 l	oberh. mg in 1 l	unterh. mg in 1 l	oberh. ccm in 1 l bei 0 Grad u. 760 mm Druck	unterh. ccm in 1 l
229	—	187	—	42	—	16,7	—	0-Spur	—	0	—	—	—	—	—	—	—
221	—	184	—	37	—	22,9	—	do.	—	0	—	—	—	—	—	—	—
219	—	174	—	45	—	24,9	—	do.	—	0	—	—	—	11,5	—	—	—
215	—	173	—	42	—	25,6	—	do.	—	0	—	—	—	12.1	—	—	—
221	—	179	—	42	—	16.0	—	do.	—	0	—	—	—	13.2	—	—	—
220	—	189	—	31	—	14.4	—	0	—	0	—	—	—	10,1	—	—	—
—	224	—	186	—	38	—	16,7	—	deutl. Reaktion	—	0	—	2,0	—	11,9	—	6,4
216	207	182	169	34	38	16,8	16,0	deutl. Reaktion	do.	0	0	2.2	2,3	11,5	10,3	6,3	6,4
—	214	—	173	—	39	—	17,1	—	do.	—	0	—	2,1	—	11,1	—	6,4
216	**215**	**182**	**176**	**34**	**38,3**	**16,8**	**16.6**		—	—	**0**	**2.2**	**2.1**	**11,5**	**11,1**	**6.3**	**6.4**
222	237	183	187	39	50	16.2	17.8	Spur	deutl. Reaktion	0	0	2,0	2.0	13,7	14,9	—	—
225	232	183	191	42	41	17,4	29,9*)	deutl. Reaktion	do.	0	0	2,0	2.0	13,3	14,1	—	—
229	225	183	181	46	44	27,0*)	17,4	do.	Spur	0	0	2,0	2,0	13.1	13.2	—	—
225	**231**	**183**	**186**	**42.3**	**45.0**	**20,2**	**21.7**	—	—	**0**	**0**	**2,0**	**2,0**	**13.4**	**14.1**	—	—
233	236	189	195	44	41	15,2	13.3	Spur	0	0	0	2,0	2.1	17.0	18,0	—	6,36
229	231	192	190	37	41	14.5	15.5	0	0	0	0	2.1	2,0	16.5	17.0	6.37	6.44
230	228	187	185	43	43	16,7	13.6	0	0	0	0	2,0	2,0	16,0	16,5	—	6.48
231	**232**	**189**	**190**	**41,3**	**41.7**	**15,5**	**14,1**	—	—	**0**	**0**	**2,0**	**2.0**	**16.5**	**17.2**	**6.37**	**6.43**
253	243	216	207	37	36	15,7	16,6	Spur	Spur	0	0	3,0	2,7	20.5	20,0	—	6,76
245	237	206	203	39	34	17,3	16,0	do.	do.	0	0	2,7	2,8	19,0	19,5	6,72	6,70
244	238	203	203	41	35	15,9	15,1	deutl. Reaktion	deutl. Reaktion	0	0	2,7	3,0	20,0	19,5	—	6,69
247	**239**	**208**	**204**	**39,0**	**35,0**	**16.3**	**15.9**	—	—	**0**	**0**	**2,8**	**2,8**	**19.8**	**19,7**	**6,72**	**6,72**
269	263	221	221	48	42	18.5	19,5	deutl. Reaktion	deutl. Reaktion	0	0	2.0	2.5	23.0	23,5	—	6,20
246	252	204	210	42	42	22,0	17,6	do.	do.	0	0	2.1	2.5	21,0	21,0	6,31	6,28
252	241	206	203	46	38	18,8	23.5	do.	do.	0	0	2,2	2.2	20.5	19,0	—	6,44
256	**252**	**210**	**211**	**45,3**	**40,7**	**19,8**	**20.2**	—	—	**0**	**0**	**2.1**	**2.4**	**21,5**	**21.2**	**6,31**	**6,31**
263	270	224	227	39	43	19,0	18,7	0-Spur	0-Spur	0	0	2.4	2.4	22.0	21.5	—	7.39
262	254	220	216	42	38	18.7	18.7	-	-	0	0	2.4	2.5	21.0	21.0	7.38	7.33
259	262	214	217	45	45	17.5	17,8	-	-	0	0	2.2	2.7	20.5	20.5	—	7.22
261	**262**	**219**	**220**	**42.0**	**42,0**	**18.4**	**18,4**	—	—	**0**	**0**	**2.3**	**2.5**	**21.2**	**21.0**	**7.38**	**7.31**
239	**239**	**199**	**198**	**40,7**	**40,5**	**17,8**	**17,8**	**0-deutl.**	**0-deutl.**	**0**	**0**	**2,2**	**2,3**	**17,3**	**17,4**	**6,62**	**6,63**
272,5	270,6	228,1	226,0	44.1	44.2												
Gesamtrückstand																	

*) Stelle der Probeentnahme zufällig (z. B. durch ein Schiff) verunreinigt.

Zusammenstellung der Wasserstände

vom Jahre 1817—1879 nach den Beobachtungen der Kgl. Wasserbauinspection Cöln.
0 Punkt des Cölner Pegels =

An folgenden Tagen betrug die Höhe des Wasserstandes

Im Jahre	+ 0,0	+ 0,50	+ 1,00	+ 1,50	+ 2,00	+ 2,50	+ 3,00	+ 3,50	+ 4,00 und
1817	365	365	365	365	346	292	251	183	114
1818	365	365	359	311	233	156	124	93	67
1819	365	365	354	298	194	99	52	25	15
1820	366	366	366	356	241	133	62	35	25
1821	365	365	363	344	319	279	197	112	68
1822	365	363	354	312	190	102	67	41	16
1823	365	365	353	343	293	225	117	53	30
1824	366	366	366	366	355	305	248	166	110
1825	365	365	365	359	337	165	102	71	52
1826	365	365	364	346	207	98	43	21	9
1827	365	365	365	350	288	220	177	129	70
1828	366	366	366	354	310	272	158	76	40
1829	365	364	361	345	315	248	148	82	49
1830	365	365	360	351	309	228	127	85	52
1831	365	365	365	361	327	308	255	190	124
1832	366	366	359	298	140	58	30	16	11
1833	365	365	357	341	324	210	88	65	50
1834	365	365	358	303	185	58	46	39	36
1835	365	365	363	335	267	119	62	32	12
1836	366	366	365	358	289	203	140	106	70
1837	365	365	365	365	333	295	215	121	67
1838	365	365	365	359	323	229	140	99	66
1839	365	365	365	354	294	220	171	89	61
1840	366	366	366	342	271	155	90	71	51
1841	365	365	365	363	348	258	171	113	72
1842	365	365	365	341	210	81	65	44	24
1843	365	365	365	365	352	302	220	144	78
1844	366	366	366	366	340	290	192	107	63
1845	365	365	358	331	290	251	198	135	90
1846	365	365	365	359	335	264	169	101	77
1847	365	365	365	355	289	228	145	83	46
1848	366	366	345	323	275	198	114	77	60
1849	365	365	364	348	281	181	107	59	32
1850	365	365	364	360	329	262	164	78	38
1851	365	365	365	365	329	282	203	142	86
1852	366	366	366	363	342	291	184	119	72
1853	365	361	354	328	289	232	180	139	97
1854	365	362	357	323	251	195	134	74	47
1855	365	365	365	362	310	268	196	123	58
1856	366	366	366	358	299	215	154	94	61
1857	365	365	325	267	163	78	17	6	—
1858	365	347	294	258	174	40	12	5	—
1859	365	365	365	335	236	148	99	56	14
1860	366	366	366	366	364	336	265	170	97
Uebertrag	16071	16043	15834	15052	12491	9077	6099	3869	2377

Digitized by Google

am Rheinpegel zu Cöln

vom Jahre 1880—1900 nach den Beobachtungen des städt. Tiefbauamts zu Cöln.
35,943 m N.N.

am Rheinpegel zu Cöln (= 35,932 über N.N.):

+ 4,50 mehr	+ 5,00	+ 5,50	+ 6,00	+ 6,50	+ 7,00	+ 7,50	+ 8,00	+ 8,50	+ 9,00	+ 9,50
72	40	29	16	10	6	1	—	—	—	—
39	29	6	3	—	—	—	—	—	—	—
13	11	11	10	10	9	7	5	2	—	—
19	14	9	7	6	6	4	3	—	—	—
35	19	12	4	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	9	2	—	—	—	—	—	—	—	—
80	61	41	29	23	20	15	8	1	—	—
26	10	6	5	3	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55	35	26	18	13	7	2	—	—	—	—
20	8	4	2	—	—	—	—	—	—	—
23	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	22	10	7	3	1	—	—	—	—	—
82	54	27	14	7	6	4	—	—	—	—
8	5	5	3	2	—	—	—	—	—	—
36	27	21	21	16	10	7	2	—	—	—
32	27	28	19	16	11	7	1	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31	26	21	15	10	4	2	—	—	—	—
33	11	5	—	—	—	—	—	—	—	—
28	9	7	5	3	—	—	—	—	—	—
42	21	11	7	3	—	—	—	—	—	—
39	31	19	8	1	—	—	—	—	—	—
39	25	16	10	4	3	1	—	—	—	—
13	7	5	3	2	—	—	—	—	—	—
34	14	10	6	—	—	—	—	—	—	—
44	26	17	13	11	7	4	3	1	—	—
43	23	18	13	10	9	6	5	5	3	—
56	40	33	28	24	17	9	2	—	—	—
30	20	9	5	5	3	1	—	—	—	—
45	28	20	10	6	1	—	—	—	—	—
13	12	8	7	4	1	—	—	—	—	—
33	24	21	12	10	9	7	5	5	2	—
44	20	12	6	5	2	1	—	—	—	—
31	16	8	4	3	2	—	—	—	—	—
58	24	4	1	—	—	—	—	—	—	—
25	19	10	5	2	—	—	—	—	—	—
33	13	9	8	6	4	1	—	—	—	—
31	21	10	4	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55	29	9	6	1	—	—	—	—	—	—
1407	842	514	334	219	138	79	34	14	5	—

Im Jahre	An folgenden Tagen betrug die Höhe des Wasserstandes + 0.0	+ 0.50	+ 1.00	+ 1.50	+ 2.00	+ 2.50	+ 3.00	+ 3.50	+ 4.00 und
Uebertrag	16071	16043	15834	15052	12491	9077	6099	3869	2377
1861	365	365	365	345	297	203	108	56	19
1862	365	365	365	353	275	121	55	22	18
1863	365	365	365	365	316	164	72	12	5
1864	366	362	356	286	223	140	65	24	5
1865	365	364	333	274	177	94	54	38	28
1866	365	365	356	336	321	267	175	90	44
1867	365	365	365	365	337	270	234	196	127
1868	366	366	366	346	302	208	128	73	34
1869	365	365	365	365	308	216	110	55	39
1870	365	365	362	343	230	145	96	73	48
1871	365	368	354	316	265	183	120	68	42
1872	366	366	366	351	304	221	149	93	63
1873	365	365	365	365	313	227	136	50	31
1874	365	365	339	277	178	74	36	3	—
1875	365	365	365	355	297	217	117	80	46
1876	366	366	366	352	323	263	184	119	84
1877	365	365	365	347	309	269	220	166	85
1878	365	365	365	365	365	326	265	188	121
1879	365	365	365	365	339	318	238	166	91
1880	366	366	366	355	336	251	131	87	65
1881	365	365	365	365	327	220	137	80	52
1882	365	365	365	329	255	215	172	133	112
1883	365	365	365	365	357	267	193	78	43
1884	366	366	366	328	270	118	68	31	16
1885	365	365	365	342	254	149	92	65	44
1886	365	365	365	358	314	221	106	70	41
1887	365	365	365	315	230	128	95	71	34
1888	366	366	366	363	328	284	248	168	91
1889	365	365	365	337	298	249	184	110	42
1890	365	365	365	356	297	223	118	59	29
1891	365	365	348	309	275	208	137	67	31
1892	366	366	366	360	303	219	101	64	44
1893	365	358	348	262	141	72	46	34	28
1894	365	363	359	316	238	142	68	19	11
1895	365	365	314	257	217	156	118	71	43
1896	366	366	362	344	335	298	228	124	48
1897	365	365	351	307	283	246	186	130	69
1898	365	365	325	258	201	178	109	60	28
1899	365	362	331	249	174	121	83	45	23
1900	365	365	354	304	262	156	76	53	42
Summa	30680	30633	30158	28302	23665	17124	11357	7060	4243

Digitized by Google

am Rheinpegel zu Cöln (= 35,932 über N.N.):

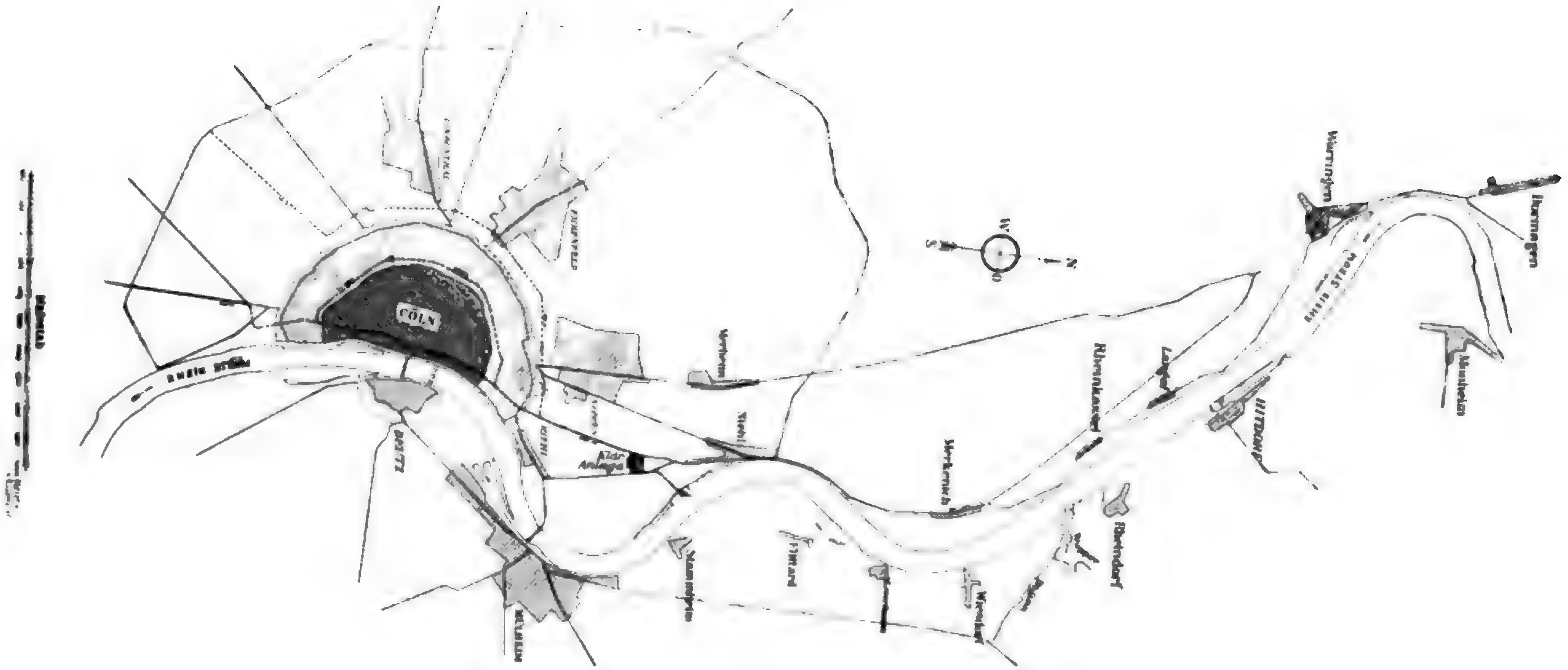
+ 4,50 mehr	+ 5,00	+ 5,50	+ 6,00	+ 6,50	+ 7,00	+ 7,50	+ 8,00	+ 8,50	+ 9,00	+ 9,50
1407	842	514	334	219	138	79	34	14	5	—
16	9	6	2	—	—	—	—	—	—	—
17	13	11	8	7	6	5	3	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—
18	10	4	2	—	—	—	—	—	—	—
98	66	43	30	18	8	4	2	—	—	—
17	10	8	5	3	1	—	—	—	—	—
30	18	15	7	4	1	—	—	—	—	—
27	21	14	9	7	—	—	—	—	—	—
30	24	12	2	—	—	—	—	—	—	—
54	32	12	1	—	—	—	—	—	—	—
20	6	2	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	23	18	11	—	—	—	—	—	—	—
55	42	36	34	32	26	17	9	4	—	—
61	41	25	13	8	1	—	—	—	—	—
75	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	32	20	12	6	4	—	—	—	—	—
54	45	35	29	25	13	7	2	—	—	—
34	26	17	14	9	—	—	—	—	—	—
74	56	42	36	28	17	11	10	6	2	1
28	21	18	15	11	9	8	7	6	—	—
4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	20	14	6	—	—	—	—	—	—	—
22	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	14	9	4	—	—	—	—	—	—	—
42	25	17	13	8	—	—	—	—	—	—
20	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	15	11	9	4	—	—	—	—	—	—
15	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	13	5	3	2	—	—	—	—	—	—
15	11	8	7	3	—	—	—	—	—	—
6	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	19	13	8	6	4	3	—	—	—	—
37	23	8	7	5	4	1	—	—	—	—
39	25	16	10	6	3	1	—	—	—	—
10	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	7	6	4	2	—	—	—	—	—	—
31	25	20	7	—	—	—	—	—	—	—
2612	1569	981	642	413	235	136	67	30	7	1

Es ergibt sich somit die mittlere Dauer eines Wasserstandes:

						Niedriger	
gleich oder höher als	+ 0,00	zu	365	Tagen	an	0	Tagen
„ „ „ „	+ 0,50	„	364,68	„	„	0,32	„
„ „ „ „	+ 1,00	„	359,02	„	„	5,98	„
„ „ „ „	+ 1,50	„	336,93	„	„	29,07	„
„ „ „ „	+ 2,00	„	281,73	„	„	83,24	„
„ „ „ „	+ 2,50	„	203,86	„	„	161,14	„
„ „ „ „	+ 2,87	„	150,00	„	„	215,00	„
„ „ „ „	+ 3,00	„	135,20	„	„	229,80	„
„ „ „ „	+ 3,50	„	84,05	„		—	
„ „ „ „	+ 4,00	„	50,51	„		—	
„ „ „ „	+ 4,50	„	31,10	„		—	
„ „ „ „	+ 5,00	„	18,68	„		—	
„ „ „ „	+ 5,50	„	11,68	„		—	
„ „ „ „	+ 6,00	„	7,64	„		—	
„ „ „ „	+ 6,50	„	4,92	„		—	
„ „ „ „	+ 7,00	„	2,80	„		—	
„ „ „ „	+ 7,50	„	1,62	„		—	
„ „ „ „	+ 8,00	„	0,80	„		—	
„ „ „ „	+ 8,50	„	0,36	„		—	
„ „ „ „	+ 9,00	„	0,08	„		—	
„ „ „ „	+ 9,50	„	0,01	„		—	

	Pegelstand an der Cölner Schiffbrücke	Geschwindigkeit pro Sekunde	Wassermenge pro Sekunde
	1,00	1,03 m	783 cbm
Gemitteltes Niederwasser	1,50	1,10 „	1045 „
	2,00	1,17 „	1330 „
Mittelwasser	2,87	1,325 „	1870 „
	3,00	1,35 „	1960 „
Höchster Hochwasserstand im Jahre 1882	9,52	2,14 „	9000 „

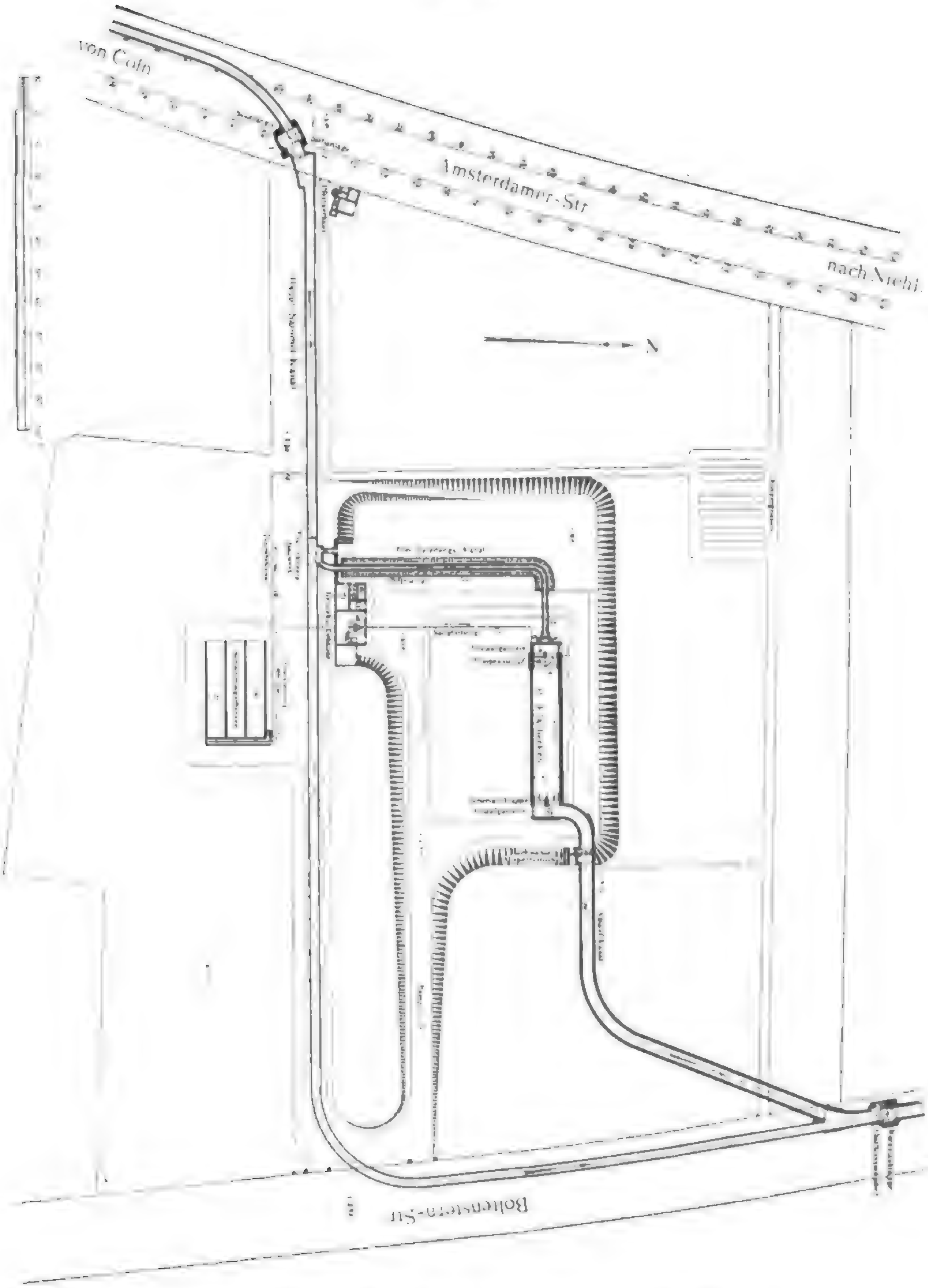
Plan 1.



Uebersichtsplan der Kläranlage und Umgebung.

Digitized by Google

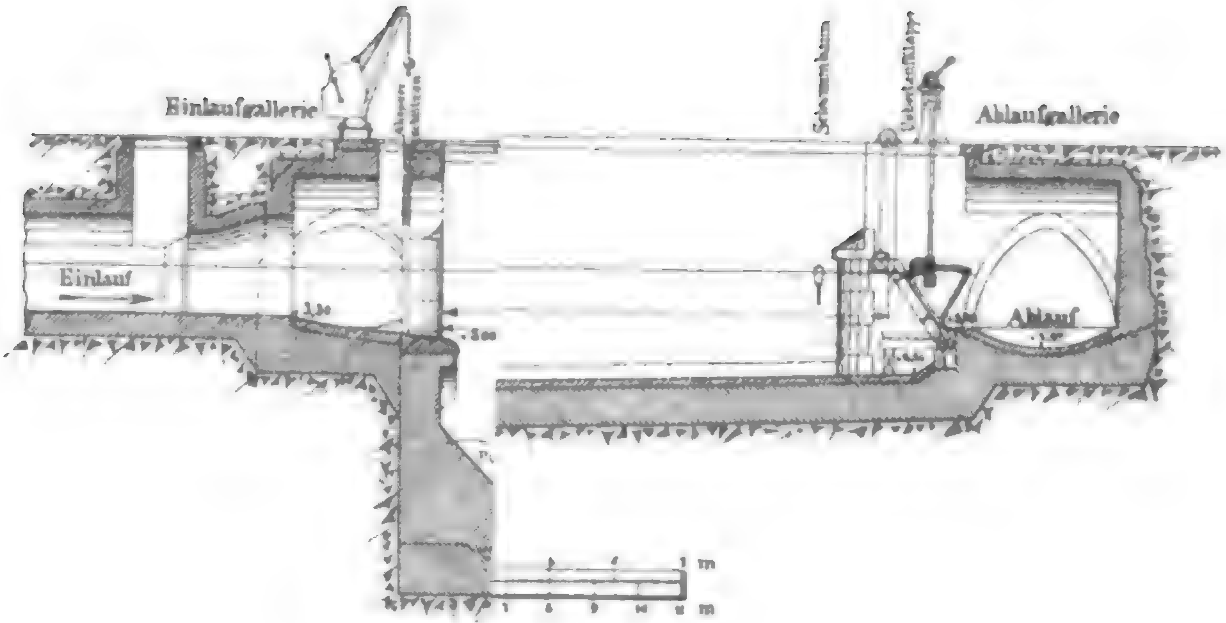
Plan 2.

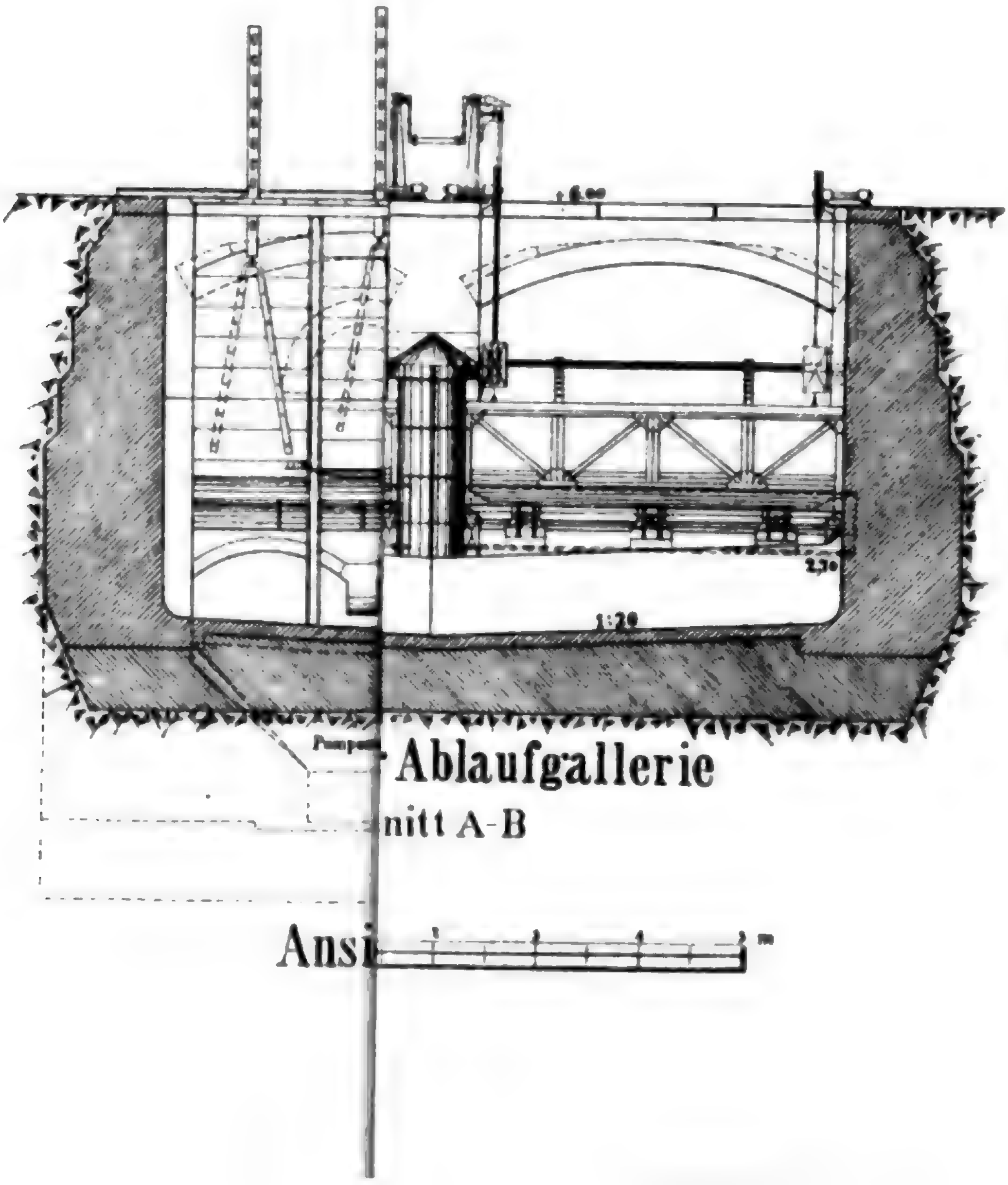


Uebersichtsplan der städtischen Kläranlage.

Digitized by Google

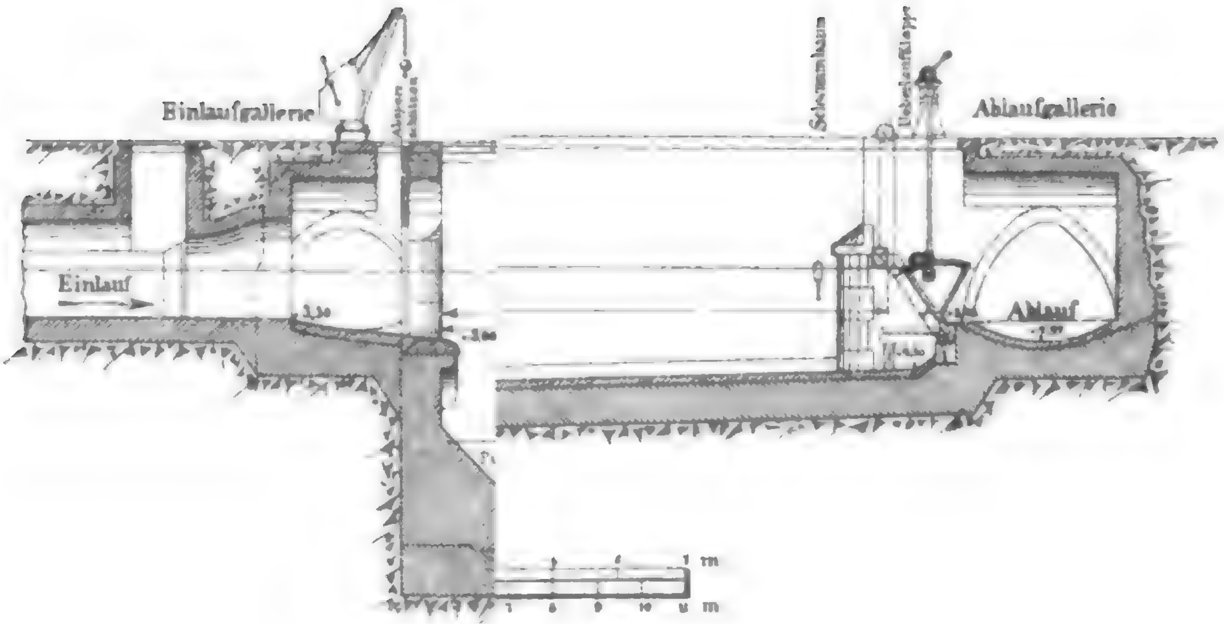
Plan 3.

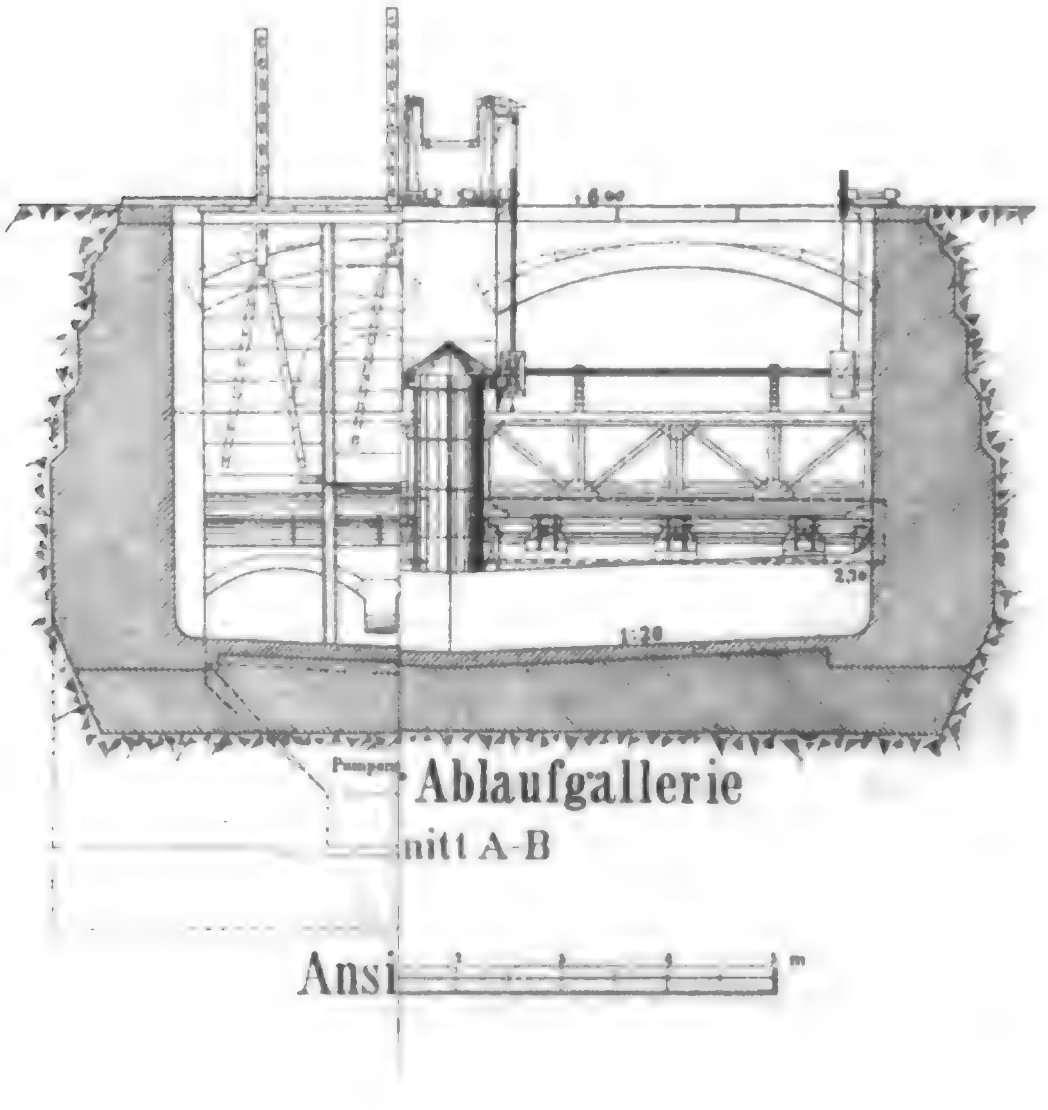

Einlaufgallerie
Einlauf
Ablaufgallerie
Ablauf


Ablaufgallerie
nitt A-B
Ansi

Digitized by Google

Plan 3.

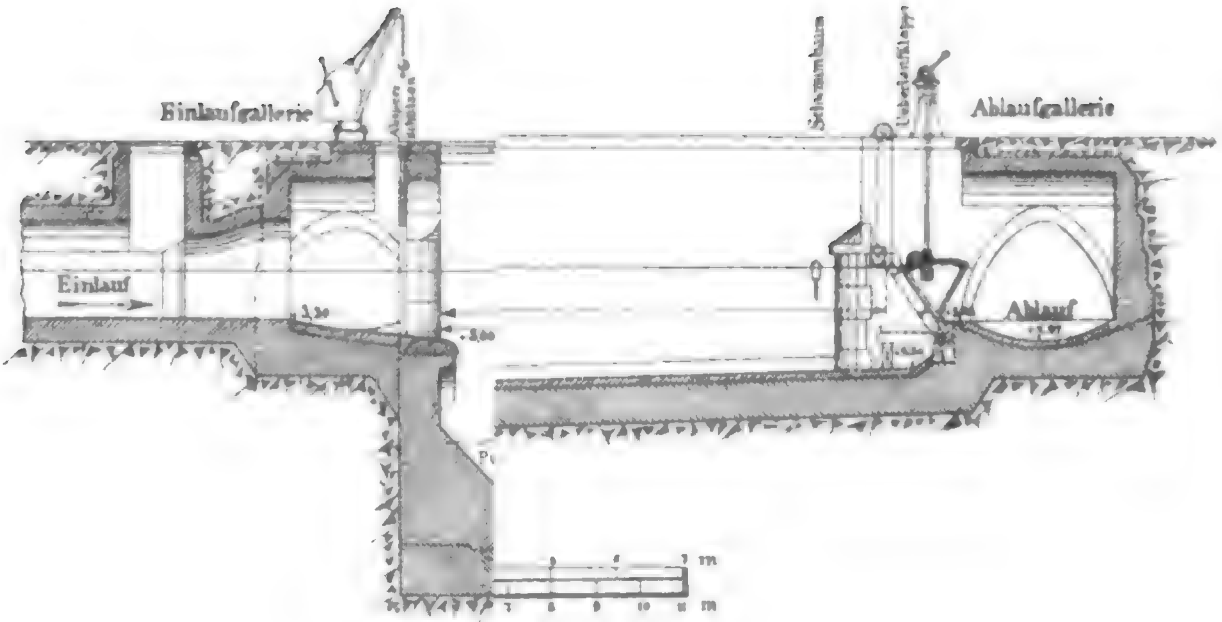


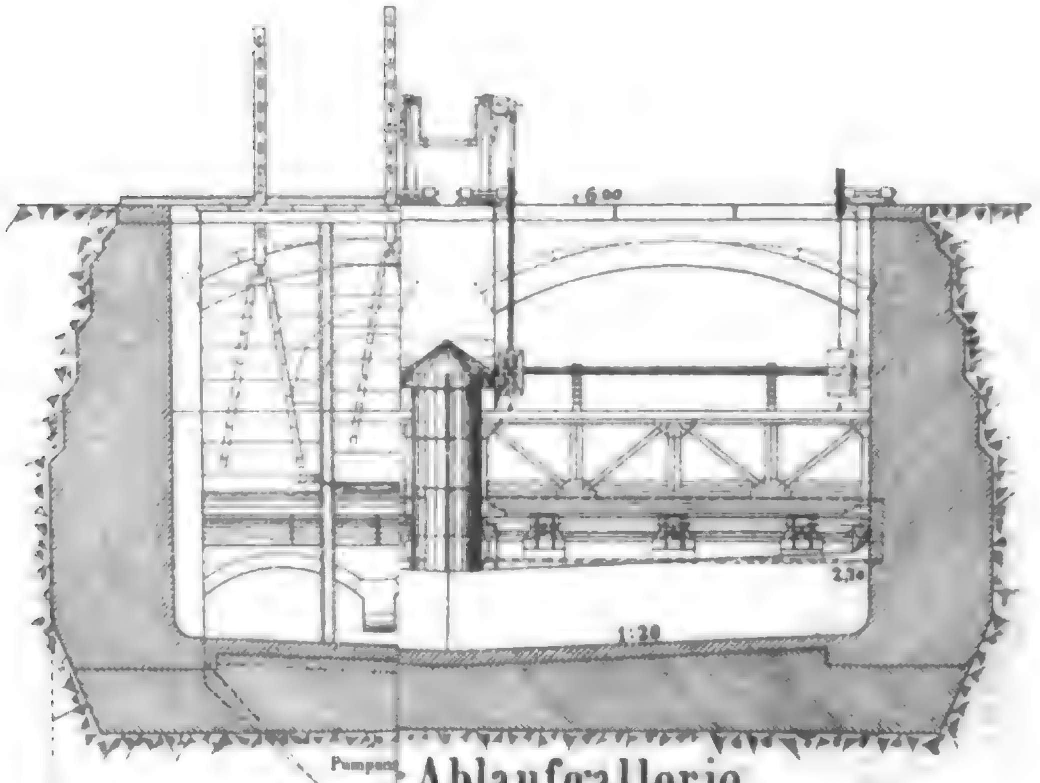


Digitized by Google

Digitized by Google

Plan 3.



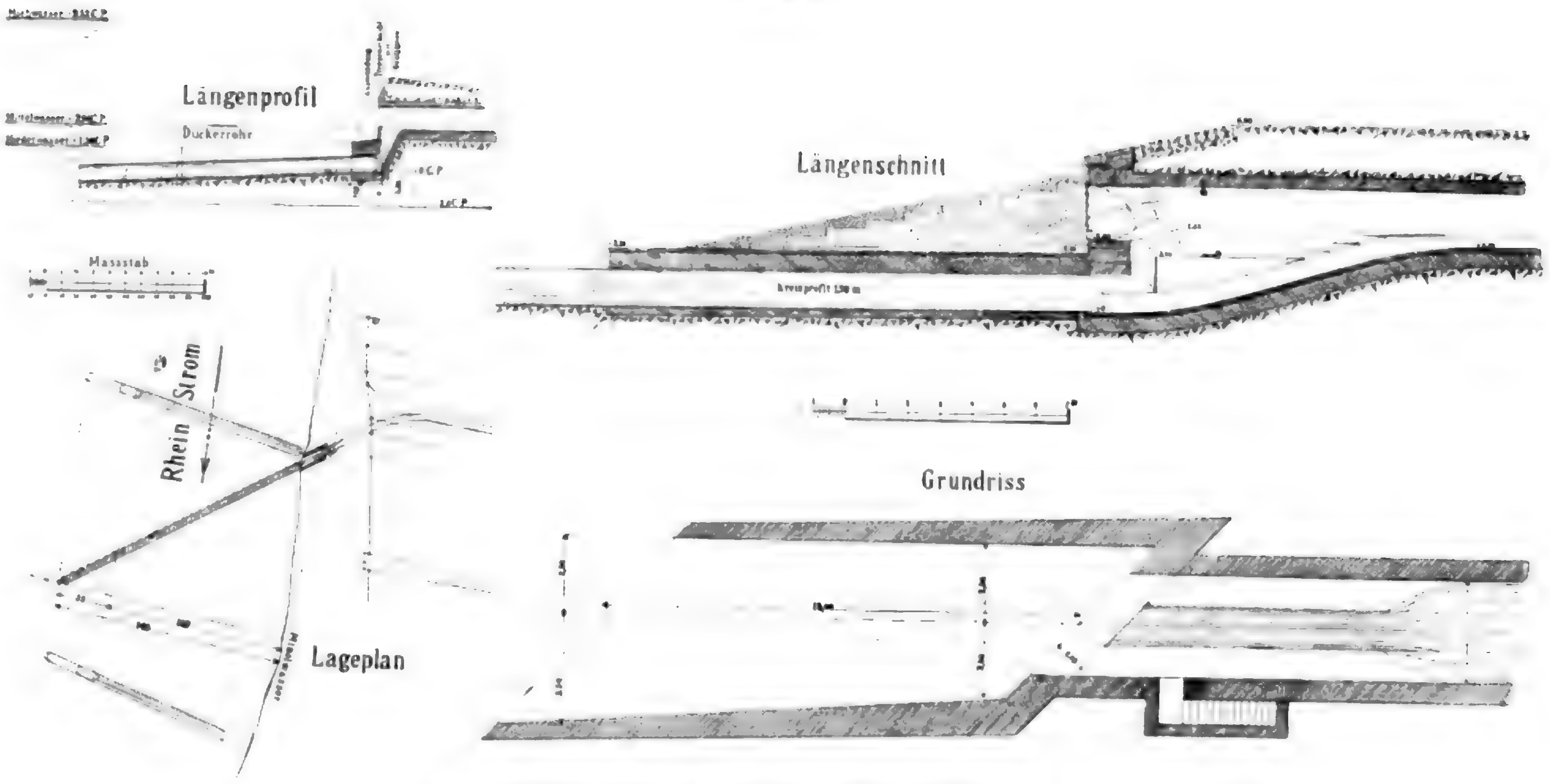


Ablaufgallerie

nitt A-B

Ansi

Plan 5.

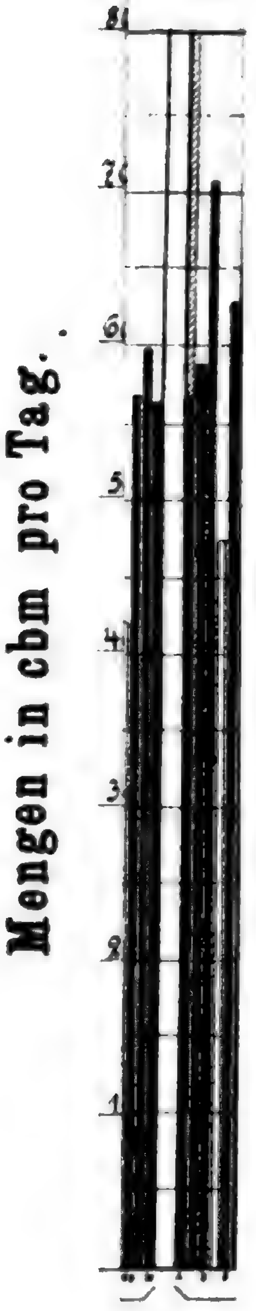


Die Ausmündung des Hauptsammelkanals bei Niehl.

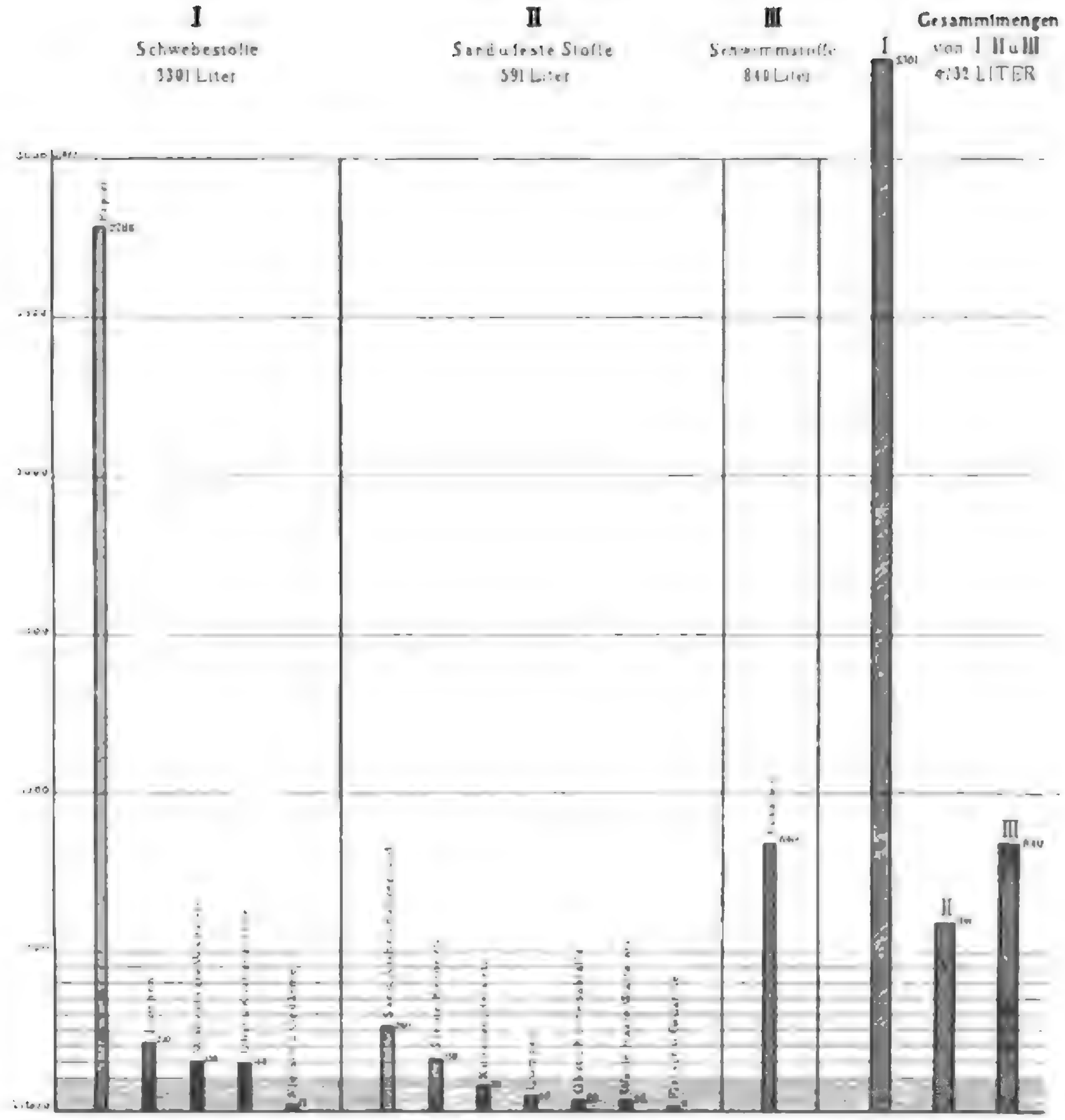
Digitized by Google

TR

mme

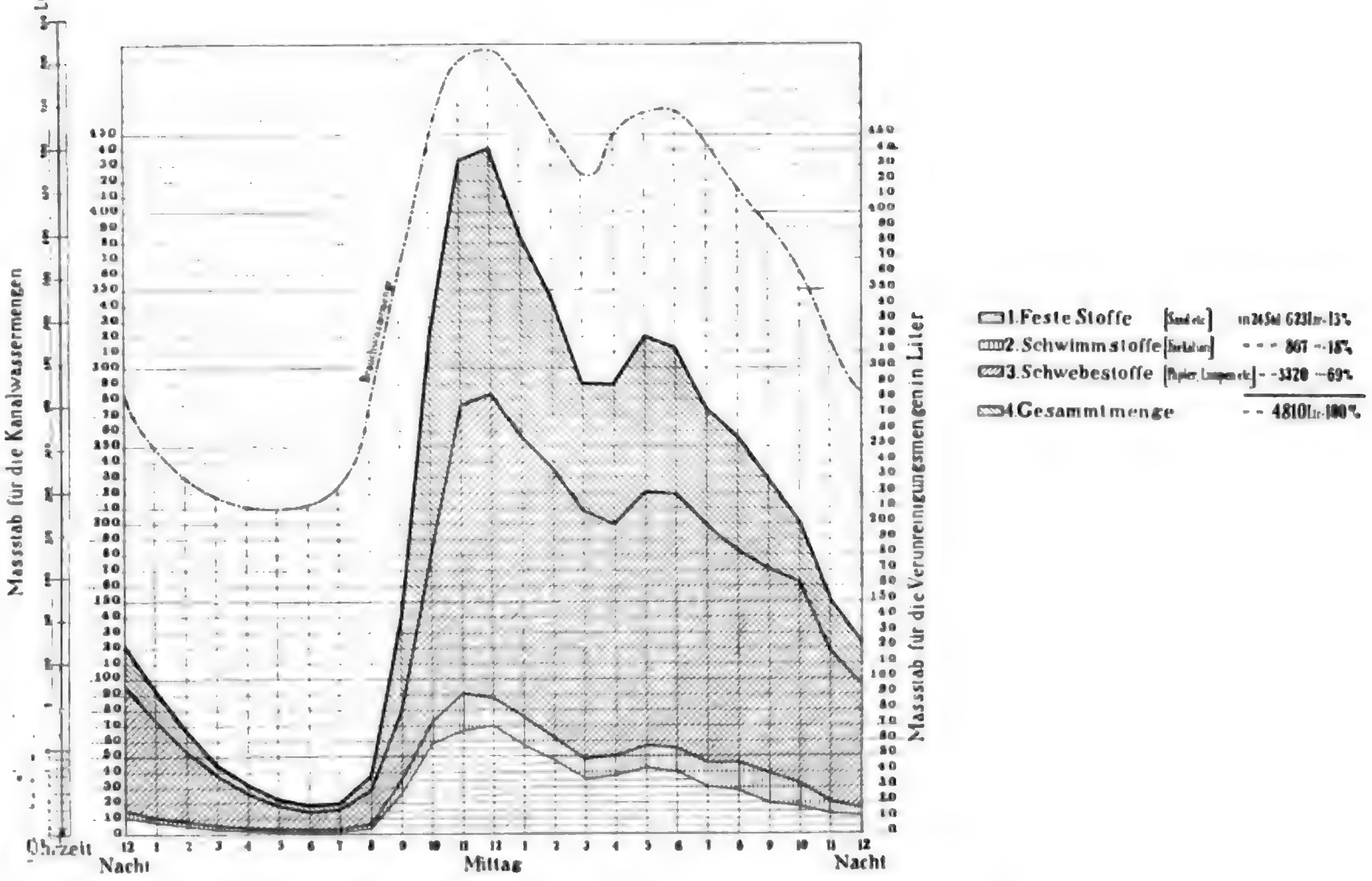


Plan 8.



Darstellung der gemittelten Mengen der Verunreinigungsstoffe.

Plan 9.

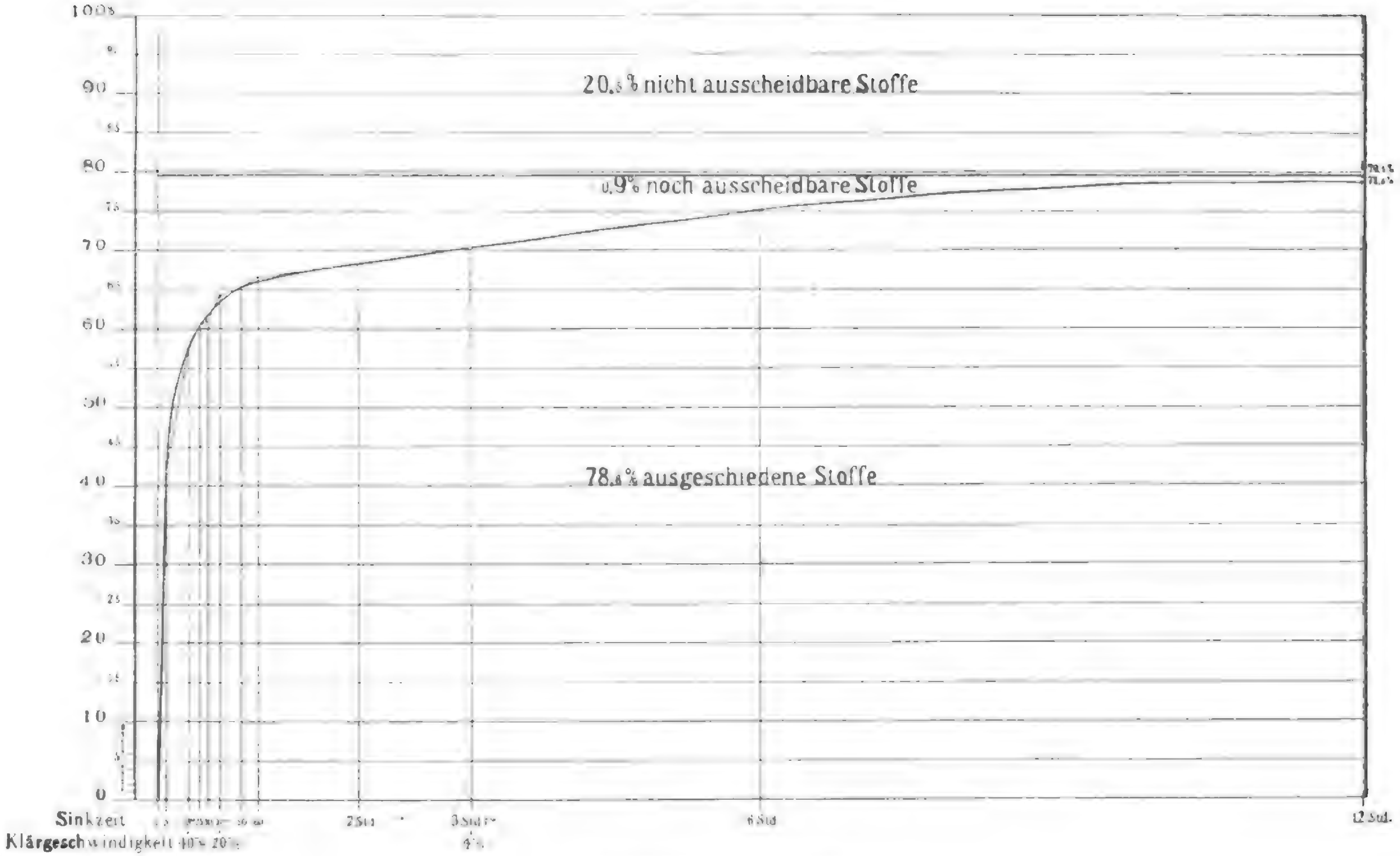


Darstellung der Kanalwasser-Verunreinigung.

Digitized by Google

Digitized by Google

Plan 10.



Sedimentierungskurve.

Digitized by Google

2.

Die Abwasser-Flora und -Fauna einiger Kläranlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer.

Von

Prof. Dr. **M. Marsson**,
Wissenschaftlichem Mitgliede der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin.

Das Studium der Abwasserorganismen oder der Saprobien, mit welchem Namen Prof. Kolkwitz und ich dieselben in einer früheren Arbeit[1]) belegt haben, wurde durch im Jahre 1899/1900 ausgeführte Untersuchungen in hohem Grade gefördert[2]). Es war Aufgabe der Anstaltsbiologen, solche Arbeiten fortzusetzen und bei jeder Untersuchung und Besichtigung von Flussläufen und Abwässerkläranlagen neue Beobachtungen anzustellen, um die Auffindung von Saprobien als Leitorganismen für gewisse Verunreinigungen zu verwerten. So ist in den letzten beiden Jahren unsere Sicherheit in der biologischen Beurteilung der Gewässer eine immer grössere geworden, und gilt es demnächst, die Vertreter der Mikrofauna und -flora in ein physiologisches System einzureihen. Ehe die Aufstellung eines solchen möglich sein wird, handelt es sich darum, das Studium der Lebensweise der Saprobien zu vertiefen, um schliesslich nicht bloss die mikroskopische Wasseranalyse[3]), sondern die erweiterte,

---

1) Heft 1 der „Mitteil. der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin. 1902. S. 46ff.

2) Lindau, Marsson, Schiemenz, Hydrobiologische Untersuchungen. Vierteljahrsschr. f. ger. Med. und öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. XXI. Suppl.-Heft. S. 61.

3) C. Mez, Mikroskopische Wasseranalyse. Berlin 1898.

Digitized by Google

auch auf die gröbere Fauna und Flora ausgedehnte biologische Wasseruntersuchung als Wissenschaft auf eigene Füsse zu stellen: jedoch werden zur Erreichung dieses Zieles noch vielseitige Arbeiten über die Lebensbedingungen und die Ernährungsphysiologie der im Abwasser lebenden Organismen (wie die im vorletzten Heft enthaltenen über den Wasserpilz Leptomitus lacteus) erforderlich sein.

Im ersten Jahre des Bestehens der Anstalt fehlte es noch an Gelegenheit, in grösseren Bezirken den Einfluss von Abwässern auf die Lebewelt des Wassers und die Veränderung derselben durch Abwässer zu studieren; in den weiteren Jahren hat sich, namentlich auch bei Dienstreisen, hierzu reichlichere Gelegenheit geboten, jedoch war es nicht möglich, dieselbe je nach der Zweckbestimmung dieser Reisen soweit auszunutzen, dass die Saprologie immer nach allen Richtungen dabei gefördert werden konnte. Die so gemachten Einzelerfahrungen sind jedoch gesammelt und sollen verwertet werden, wenn erst eine grössere Reihe derartiger Untersuchungen vorliegt.

Mit grösserer Vollständigkeit konnten während des Sommers und Winters 1901/1902 zunächst diejenigen Vertreter der Flora und Fauna einer Beobachtung und Kontrolle unterzogen werden, welche in den Sielwässern der benachbarten Kläranlagen vor und nach ihrer Reinigung sich einstellen.

A. Die Kläranlage und die Rieselfelder der Charlottenburger Abwässer in Carolinenhöhe bei Gatow.[1])

Die Charlottenburger Kanalwässer, welche auch die Meteorwässer enthalten, sind Abwässer mittlerer Konzentration.[2]) Bis zu Carolinenhöhe hinaufgepumpt, fliessen sie zuerst in grosse Absatzbecken, in welchen die suspendierten und ferner namentlich die an der Oberfläche befindlichen Stoffe (letztere durch Eintauchbretter) zurückgehalten werden. Der Durchfluss vollzieht sich in verhältnismässig kurzer Zeit. Das Abwasser, welches teils der Kläranlage zugeführt wird, teils auf die Rieselfelder fliesst, stellt eine bereits in schwacher Fäulnis befindliche Flüssigkeit dar.

In dem in den Klärbecken sich ansammelnden Schlamm, welcher von Zeit zu Zeit zwecks Verdunstung und Einsickerung auf tiefer

1) Vierteljahrsschr. für ger. Med. und öffentl. Sanitätswesen. Berlin 1901. 3. Folge. 21. Bd. Supplementh. S. 219.

2) l. c. S. 227 „Das Rohabwasser“.

Digitized by Google

liegende Feldstrecken gelassen wird, finden sich schon Abwasserorganismen in grosser Anzahl.

Vor allem sind es die Euglenen, welche sich bald in grossen Mengen in dieser Schwimmschicht ansammeln und derselben stellenweise eine ausgeprägt grüne Färbung verleihen. In erster Linie tritt hier Euglena viridis auf mit mehr oder weniger vereinzelter Euglena pisciformis, sowie verschiedene Chlamydomonas-Arten, von denen Chlamydomonas reinhardi die häufigste war; nicht selten kam auch Chlam. brauni Gorosch. (= Chl. monadina Stein) vor, während sich Chl. debaryana Gorosch. erst in den einige Tage gestandenen Proben entwickelte. Zuweilen wurde auch Chl. reticulata gefunden.

Die Bestimmung der grünen Flagellaten war oft eine schwierige, da die Chlamydomonas-Arten während des Transportes in Teilung eingetreten waren und erst wieder unter Anwendung von Nährlösungen und verschiedener Belichtung in ungeschlechtliche Zellen übergeführt werden mussten; die Euglenen waren meist mit Reservestoffen überladen, sodass die Gestalt ihrer Chloroplasten nicht zu erkennen war.

Selbstverständlich hatten sich in der Schwimmschicht eine Menge von Schimmelpilzen angesiedelt, deren dichtes Mycel einzelne Teile zu einer zähen Haut verkittete, in welcher Fusarium-Sporen nicht selten waren.

In den noch flüssigen Teilen überwogen die Spirillen, von denen wieder Spirillum rugula Winter und Spirillum undula Ehbg. am häufigsten waren, auch Spir. rufum Perty kam im Sommer häufiger vor.

Polytoma uvella war in allen Entwickelungsstadien und zu allen Jahreszeiten vorhanden, von Achromatoflagellaten die bekannten Bodo-, Monas- und Oikomonas-Arten, vereinzelt Cercomonas clavata Perty.

Von Rhizopoden war meist zu finden Hyalodiscus limax, seltener die Art guttula, von Ciliaten natürlich die drei saproben Paramaecium-Arten, von denen bald die eine, bald die andere Art überwog, doch waren Param. caudatum und aurelia häufiger als putrinum; mehr vereinzelt kam Vorticella microstoma vor, ferner Glaucoma scintillans, Amphileptus claparedei und Urostyla weissei. Colpidium und Chilodon fanden sich in den faulenden Abwässern äusserst selten, sie sind nach meinen Erfahrungen in ihrem massenhaften Auftreten mehr typisch für die Umgebung sich zersetzender Wasserpilze.

Bacillariaceen finden in der Jauche noch nicht ihre Lebensbedingungen, nur Hantzschia amphioxys verträgt, wie ich nicht bloss auf den Rieselfeldern, sondern auch an stark verkoteten Dorfteichen be-

obachtete, mit faulenden Stoffen beladenes Abwasser. Erst wenn das Wasser etwas reiner geworden, tritt Nitzschia palea auf, bringt es dann aber zu einer viel grösseren Entfaltung, wie es der Hantzschia möglich ist.

Das spezifische Gewicht des in den Becken befindlichen Abwassers betrug filtriert fast gleichmässig 1,0008, der Gehalt an suspendierten Stoffen (getrocknet bei 105° C.) 0,140 g in 1 Liter. Ein Jahr zuvor ist dasselbe von Dr. Thiesing im Durchschnitt von 5 Bestimmungen zu 0,131 g ermittelt worden. Das spezifische Gewicht der Berliner Rohjauche (entnommen an der Pumpstation in der Schönebergerstrasse) betrug 1,0006 im unfiltrierten Zustande, filtriert 1,0005.

Sehr häufig hatte das aus dem Druckrohr ausströmende Wasser eine rötliche Farbe, welche von Farbstoffen aus irgend einem technischen Betriebe herrührte. Ganz verschieden von diesem Aussehen des Sielwassers trat an einzelnen Stellen der stark nach Schwefelwasserstoff riechenden Sedimentierteiche eine viel dunklere, oft fast weinrote Färbung auf, welche im Spätsommer sich mehr oder weniger in allen Becken wahrnehmbar machte. Gleichfalls waren am Abflusse derselben alle Ueberlaufbretter meist das ganze Jahr hindurch mit einer rosa- bis weinroten schleimigen Schicht bedeckt, welche mit der Diagnose von Thiopolycoccus oder dessen Zoogloeen zu stimmen schienen.

Diese roten Färbungen sind bedingt durch Schwefelbakterien, unter welchem Namen Winogradsky[1]) eine ganze Gruppe von pfirsichblüt- und weinroten Spaltpilzen zusammenfasst, welche in ihren ernährungsphysiologischen Erscheinungen sehr mit einander übereinstimmen. Es ist diese Gruppe für die sich auf den Rieselfeldern abspielenden biologischen Vorgänge interessant und wichtig genug, um an dieser Stelle ihre bisherigen Bearbeitungen hervorzuheben, zumal sie noch nie auf Rieselfeldern oder in städtischen Abwässern beobachtet zu sein scheinen.

Die verschiedenen Forscher, die sie studierten, fanden sie meist an unter Wasser faulenden Pflanzenteilen. Die einen vertraten den Standpunkt, dass die verschiedenen Formen, wie Lamprocystis roseopersicina Schröter (= Clathrocystis roseo-persicina Cohn), Chromatium okeni Win. (= Monas Okenii Ehb.), Chromatium vinosum Win. (=

---

1) S. Winogradsky, „Ueber Schwefelbakterien". Botanische Ztg. 1887. No. 31—37. — „Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Bakterien". H. 1, zur Morph. u. Phys. der Schwefelbakterien. Leipzig 1888.

Digitized by Google

Monas vinosa Ehbg.), Rhabdochromatium roseum Win. (= Rhabdomonas rosea Cohn) u. a. streng abgegrenzte Spezies seien, während die anderen ihnen einen ausgeprägten Pleomorphismus zuschrieben. Lankester[1]) fasste alle als Wuchsformen vom Bacterium rubescens zusammen, während Warming[2]) sie zu der Art Bacterium sulphuratum vereinigte; ebenso glaubte Zopf[3]), dass alle Schwefelbakterien, einschliesslich der Beggiatoen, nur Entwickelungsstadien weniger vielgestaltiger Arten seien. Dagegen hielt F. Cohn[4]) die von ihm beobachteten roten Formen auseinander und ist der Meinung, dass sie durchaus nicht in entwickelungsgeschichtlicher Zusammengehörigkeit stehen. Winogradsky vertritt denselben Standpunkt, da er sich durch umfassende Kulturversuche nicht von dem genetischen Zusammenhang der betreffenden Arten überzeugen konnte. Schon de Bary betonte, dass der Nachweis des Zusammengehörens in einen Entwickelungsgang nur durch den Nachweis der Kontinuität erbracht werden könne. Die lückenlose Verfolgung der Entwickelungsgänge in mikroskopischen Kulturen ist bis jetzt keinem Forscher gelungen.

In der Anstalt konnten vorläufig wegen anderer mit Abwasserpilzen angestellter Versuche eingehende Studien mit diesen Bakterien nicht ausgeführt werden. Ich füllte zur Beobachtung eine Reihe von Zylindern mit dem an verschiedenen Stellen der Absatzteiche entnommenen rötlichen Wasser und stellte dieselben zu längerer Beobachtung unter einseitiger Beleuchtung bei Seite; ebenso füllte ich Proben des schleimigen roten, an den verschiedenen Ueberlaufbrettern haftenden Besatzes mit frischem Sielwasser auf. In allen Zylindern bildeten sich nach einiger Zeit an der Lichtseite und vorzugsweise in der Tiefe der Zylinder weinrote wolkige Massen ohne besondere Umgrenzung. Nach längerer Zeit — die Kulturen haben sich bis jetzt $1^1/_2$ Jahr ge-

1) E. Ray Lankester, „On a peach-coloured Bacterium". Quarterly Journ. of microscopical science. Vol. XIII. New series 1873. p. 408. — „Further Observation on a peach or red-coloured Bacterium. Bacterium rubescens". l. c. Vol. XVI. New series 1876. p. 27 u. 278.

2) Warming, „Om nogle ved Danmarks Kyster levende Bacterier". Kjöbenhavn 1876.

3) W. Zopf, „Zur Morphologie der Spaltpflanzen". Leipzig 1882 und „Die Spaltpilze". Breslau 1883.

4) F. Cohn, „Untersuchungen über Bakterien". Beitr. zur Biolog. der Pflanzen. Bd. I. No. 3. 1875. Auch Ch. Morren, Recherches sur la rubéfaction des eaux. Nouveaux mémoires de l'académie royale de Bruxelles. Tome 14. 1841. p. 73. Tab. V. Fig. 25—27.

halten — traten deutlich umschriebene Kolonieen auf, welche schliesslich eine mehr halbkugelige Form annahmen (genau so, wie sie Lankester [l. c. Pl. III] abbildet) und nun mit Sicherheit als Lamprocystis roseo-persicina bestimmt werden konnten.

In den Zylindern, welche ausschliesslich mit dem rot gefärbten Sedimentierbeckenwasser gefüllt waren, trat in der wärmeren Jahreszeit ziemlich plötzlich eine tief weinrote Färbung auf, meist wieder an der Lichtseite: hier wurde in Massenentfaltung Chromatium vinosum (Ehb.) Win., wie es auch in den Absatzteichen vorkam, konstatiert, teils in lebhaft schwärmendem Zustande und in Teilungen, teils bewegungslos in ruhendem Zustande. Diese Massenbildungen von Chromatium vinosum entstanden nur da, wo sich in der Nähe grüne Massen gebildet hatten, die aus Chlamydomonas reinhardi und Chlorella mit Stichococcus, sowie enzystierten Euglenen bestanden, also wo durch deren Assimilationstätigkeit Sauerstoffzufuhr stattfand. Unter der Schwimmschicht fand sich häufig Cryptodifflugia oviformis Penard. Hier hatte sich auch ein Bakterium in grösseren Schichten gebildet in verzweigten, bei schwächerer Vergrösserung gelben Massen, mit Zellen von 2,5 μ Länge und 1,5 μ Breite, gleichfalls, aber seltener, ein etwas grösseres, 4,5 μ langes, ähnlich dem Bacterium griseum Warming (l. c. p. 398, Taf. VIII, Fig. 9). In der oberen weissen Schwimmschicht fanden sich viel Vorticella microstoma (nur selten waren kurze Stiele bemerkbar) und Gerda-Formen.

Andere Schwefelbakterien, wie Chromatium okeni, Thiospirillum oder Rhabdomonas konnten bis jetzt auf den Charlottenburger Rieselfeldern nicht beobachtet werden, auch nicht in Kulturen, die mit Sielwässern aus anderen Rieselfeldern angesetzt waren, obgleich sonst Chromatium okeni und Thiospirillum sanguineum in Gräben der Berliner Umgebung, welche stinkendes Wasser enthielten und meist von Müll abgeschwemmt waren, von mir häufiger gefunden wurden. Chromatium okeni kam im August 1903 an der Reinickendorfer Kläranlage massenweise vor.

Lamprocystis roseo-persicina habe ich häufig bei Untersuchung von Fischteichen mit keinem oder nur geringem Zu- und Abfluss konstatiert, und zwar am Grunde an sich zersetzenden Pflanzenteilen oder in der Nähe von Fischleichen. Ich hatte die Ansicht ausgesprochen[1], dass in stehenden Gewässern die Beggiatoen durch die

1) Hydrobiologische u. hydrochemische Untersuchungen. l. c. S. 74.

Digitized by Google

nur schwach sauerstoffbedürftige Lamprocystis bei der Bindung von Schwefelwasserstoff ersetzt würden. In den Sedimentierteichen aber und ganz besonders am Ueberlaufe aus denselben, wo Sauerstoffzufuhr aus der Luft im reichsten Masse vorhanden ist, scheinen die Lamprocystis-artigen Schwefelbakterien zu einer starken Entwickelung zu gelangen, freilich niemals in charakteristischen Kolonieen, welche in ihrer Form und Bildung so grosse Aehnlichkeit mit der Wasserblüte bildenden blaugrünen Alge Polycystis haben, sondern nur als ganz unregelmässige Kokkenaggregate.

Dass bei der Entwickelung von Chromatium vinosum der nascente, von grünen Flagellaten produzierte Sauerstoff von Bedeutung ist, ist wahrscheinlich, ebenso dass die Vermehrung der roten Schwefelbakterien in den Kulturen gerade an der Lichtseite durch die Association mit grünen Saprobien bedingt ist. Ob diese bei den Purpurbakterien im allgemeinen in Betracht kommt, bleibt noch zweifelhaft, da es nicht ausgeschlossen ist, dass deren Farbstoff, das Bakteriopurpurin, Chlorophyll enthält[1]).

In der Entwickelung der roten Schwefelbakterien bleibt noch vieles unklar, in diesem Falle, ob die roten Massen an dem Ueberlauf von Thiopolycoccus ruber Win. oder Entwickelungszuständen von Lamprocystis oder aus beiden gebildet werden, und ob der erstere nicht doch in genetischem Zusammenhange mit der letzteren steht. Cohn (l. c. p. 164) hält es nach seinen Kulturversuchen für nicht unwahrscheinlich, dass die Zellen von Chromatium vinosum Schwärmzellen von Lamprocystis sind; vielleicht gehört auch noch die Gattung Amoebobacter in denselben Entwickelungskreis. Zu weiteren eingehenden Studien und Klärung der verschiedenen Ansichten würden die Absatzbecken der Sielwässer auf den Rieselfeldern zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten günstige Gelegenheit bieten.

Weisse Schwefelpilze, wie die Beggiatoen, kamen in den Klärbecken nur am Rande vor, an den in das Wasser hineinragenden, teils schon in Zersetzung begriffenen Grashalmen haftend, am Ueberlaufe vereinzelt auch Thiothrix tenuis Win.

Im Monat August waren in den zu dieser Jahreszeit stinkenden Becken viele der grossen, atmosphärische Luft atmenden Larven von Erystalis tenax L. zur Ausbildung gekommen.

Das von schwereren und leichten Teilen nun meist befreite aber

1) Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. XX. S. 56.

Digitized by Google

noch stinkende Wasser floss in die verschiedenen Gräben ab. Der bespülte Rand derselben war meist mit dunkelgrünen bezw. schwarzglänzenden Massen bedeckt, die aus Euglenen und Phormidien bestanden, welche letzteren in ihrer weiteren Entfaltung später Erwähnung finden werden. Dieser Belag hielt sich das ganze Jahr hindurch. In der warmen Jahreszeit, besonders an sonnigen Tagen, war er dick mit Fliegen, Caenia fumosa Stenh.[1]) besetzt, welche, verscheucht, sich sofort wieder auf ihm ansammelten und sich von ihm nährten. Zwischen dem Phormidium und den Euglenen kamen noch Protococcuszustände von grünen Algen vor, welche sich in der Kultur zu Ulothrix subtilis entwickelten, von Protozoen Paramaecium putrinum; dagegen waren Nematoden, unter ihnen Diplogaster rivalis, sehr reichlich vertreten.

In weiter unterhalb liegenden Gräben hatte sich in der wärmeren Jahreszeit ein stärkerer, mehr hellgrüner Besatz gebildet, welcher sich aus grünen Fadenalgen zusammensetzte. Vor allem fand sich hier, wie auch in den folgenden Gräben, Stigeoclonium tenue Ktz. vor, und an Stellen, welche häufig durch Stauung wasserfrei waren, hatten sich Fäden gebildet, welche durch Längs- und Querteilungen der Zellen häufig aus doppelten Reihen von Zellen bestanden. Die Diagnose stimmte mit der von Stigeoclonium tenue var. irregulare (Ktz.) Rabenh. völlig überein. Vielleicht ist diese Varietät nur eine dem feuchten Luftleben angepasste Form der Art Stig. tenue, ähnlich sich verhaltend wie manche Hormidium-Arten. Die Fäden waren meist gewunden und hatten dann 18 bis 20 μ lange Zellen. In diesen Stigeoclonium-Rasen wuchsen einige Pflänzchen von Microthamnion kuetzingianum Naeg.[2]), sowie Scenedesmus obliquus und von Bacillariaceen sehr viel Nitzschia palea mit var. fonticola, vereinzelter Nitzschia communis und Navicula atomus. Auch eine ganz kleine Synedra fand sich vor, welche ich bestimmte als Synedra amphicephala Kütz.; ferner war nicht selten Arcella vulgaris.

In dem Grabenwasser machte sich breit an faulenden Grashalmen Carchesium lachmanni als typischer Leitorganismus für starke Ver-

---

1) Die Bestimmung verdanke ich der Güte des Custos der Dipteren-Sammlung des Kgl. Zool. Museums in Berlin, Herrn Dr. Grünberg, welcher mir mitteilte, dass die Metamorphose dieser Fliegenart noch nicht bekannt sei. Larven und Puppen werden an den Grabenrändern der Rieselfelder für weitere Forschungen lebend zu finden sein.

2) Microthamn. kuetz. fand ich auch häufig in der Ablaufrinne der Kläranlage des Rotherstifts (Gr. Lichterfelde) in sehr kräftiger Wuchsform (Monat Juli).

Digitized by Google

schmutzungen, häufiger noch fand ich Epistylis coarctata Cl. & L. Die Autoren[1]) sagen „elle ne dédaigne pas les eaux croupissantes et n'est pas rare aux environs de Berlin." Ich hatte diese Epistylis-Art bisher nirgends bemerkt, auch früher nicht bei der eingehenden Untersuchung der Berliner Rieselfelder. In den Charlottenburger Rieselgräben konnte ich sie im weiteren Verlaufe des Herbstes noch mehrfach konstatieren, und stets auf solchen, die zeitweise von Rohwasser durchströmt waren. Diese Art wird demnach zu den Polysaprobien gestellt werden müssen. An den Epistylis-Stielen haftete sehr viel Zoogloea ramigera, und im Schlamm wimmelte es von Nematoden und von Larven der Zuckmücke, Chironomus plumosus, auch Aëlosoma quaternarium war häufig, sowie vereinzelte Turbellarien.

Erst in den noch entfernter liegenden Gräben, welche schon Drainwasser enthielten, trat, und zwar im November, Sphaerotilus natans auf, zusammen mit grossen Mengen seines Entwickelungsstadiums, der Zoogloea ramigera. Auch hier kam noch Epistylis coarctata vor mit Vorticella microstoma, von Rädertieren Callidina elegans und wieder zahlreiche Chironomus-Larven. Im grünen Belag der Grabenränder wucherte noch im November reichlich Stigeoclonium tenue var. irregulare; andere Gräben mit mehr jauchigem Wasser enthielten noch viele Spirillen, Bodo saltans, sowie Oikomonas termo und mutabilis, ferner massenhaft Polytoma uvella, Paramaecium caudatum und putrinum sowie Chlamydomonas-Arten; am häufigsten kam aber stets Euglena viridis vor.

Bei diesen Untersuchungen fiel mir von neuem auf, dass in den am stärksten verunreinigten, d. h. noch faulenden Abwässern, welche von Polysaprobien in grosser Anzahl Polytoma, Carchesium lachmanni, Vorticella microstoma, die 3 Paramaecium-Arten und Euglena viridis enthielten, Colpidium colpoda und Chilodon cucullulus fast gänzlich fehlten, sogar dann, wenn vereinzelt noch Glaucoma scintillans und Colpoda cucullus vorkam. C. Mez[2]) gibt bei Colpidium an: „in allen Abwässern und faulenden Proben massenhaft." Ich kann diesen Satz nicht bestätigen. Colpidium colpoda tritt nach meinen Erfahrungen erst dann auf, wenn die Lebensbedingungen für Sphaerotilus bezw. Leptomitus geschaffen sind, und besonders massenhaft, wenn diese sich zu zersetzen beginnen. Chilodon cucullulus und uncinatus

1) Claperède et Lachmann, Etudes sur les Infusoires et Rhizopodes. I. p. 113. Pl. 1, Fig. 8.

2) l. c. p. 234.

finden sich mehr vereinzelt, Cyclidium glaucoma erst dann, wenn Nitzschia palea auftritt.

Inwieweit die Anpassungen dieser und anderer Protozoen an die verschiedenen Abwässer durch deren chemische oder physikalische Natur bedingt sind, bedarf noch eingehender Untersuchungen. Es kommen wohl mehrere Faktoren zugleich in Betracht.

Tatsache ist, dass auf die einzelligen Lebewesen der osmotische Druck des sie umgebenden Mediums einen grossen Einfluss ausübt. Das Vorkommen dieses oder jenes Organismus einesteils im Rohabwasser, anderenteils in einem mehr gereinigten und verdünnten, wird davon abhängen, ob die Wässer für die Protozoen eine isotonische Lösung darstellen; denn in hypo- und hypertonischen Medien werden mehr oder weniger schnell plasmolytische Schrumpfungen mit schliesslichem Zerfall des Zellleibes eintreten. Nach Jennings besitzen die Paramaecien geringe osmotische Empfindlichkeit, die Paramaecien kommen aber besonders in dem Rohwasser vor, auch gehören sie zu den wenigen Ciliaten, welche nach Zusatz von Konservierungsmitteln, wie Formalin, nicht zerfliessen.

Ferner spielen die im Abwasser enthaltenen Gase durch die Reize, welche sie auf die niederen Lebewesen ausüben, eine Rolle; besonders werden hier Sauerstoff und Kohlensäure in Betracht kommen. Gegen die letztere ist Paramaecium proschemotaktisch, während bei zu starker Anhäufung dieser Organismen die Kohlensäure nach Rothert wieder apochemotaktisch wirkt[1]).

Den wesentlichsten Einfluss auf das Vorkommen dieses oder jenes Organismus im faulenden Rohabwasser scheinen die vorhandenen Bakterienmengen auszuüben, wenn auch die Anlockungen zu diesen wieder durch die von den Bakterien abgeschiedenen Zersetzungsprodukte bewirkt werden. Vorzugsweise in sich zersetzendem Rohabwasser finden wir die typischen Bakterienfresser, wie die drei genannten Paramaeciumarten, besonders Paramaecium caudatum, Vorticella microstoma u. a., sowie in Massen Monas-, Oikomonas- und gewisse Bodoarten.

Für die Einreihung der Abwasserorganismen in ein physiologisches System ist das Studium der erwähnten Faktoren und anderer Reize, wie durch Temperatur und Licht, unerlässlich, wenn wir auf Grund unserer vielen bei den Untersuchungen der verschiedensten Effluvien gesammelten Erfahrungen auch schon eine Einteilung der im Abwasser

1) Flora. 1901. Heft III. S. 402.

Digitized by Google

lebenden Tiere und Pflanzen in Oligo-, Meso- und Polysaprobien vorschlagen konnten.

Die Berücksichtigung der Existenzbedingungen der Hydrozoen und Hydrophyten ist bisher im Vergleich zu ihrer geographischen Verbreitung viel zu sehr vernachlässigt worden; doch betonte schon 1893 Schewiakoff[1]), dass die Wohnorts- und Ernährungsverhältnisse in engster Wechselbeziehung stehen. So wird man in den jetzt kultivierten Stätten der Berliner Umgebung von der enormen Anzahl von Protozoenarten, welche Ehrenberg hier früher unter ganz anderen Verhältnissen fand, nur eine geringe Zahl wieder antreffen.

An den Rändern der meisten Abzugsgräben fand sich namentlich im Winter stets ein weisser Belag, welcher zum grössten Teile aus Kalkseifen bestand; auch Klümpchen von Neutralfett fanden sich vor, welches beim Erhitzen flüssig wurde und sich mit Osmiumsäure schwarz färbte. Diese Massen waren frei von Organismen; an den Grenzschichten fanden sich aber viele Monaden und vereinzelt Aëlosoma quaternarium.

Auch das noch feuchte, berieselt gewesene Gras der Rieselfelder unterzog ich einer Untersuchung und stellte dabei folgende Organismen fest: Euglena viridis und Navicula atomus am häufigsten, ferner Oscillatoria formosa, Sarcina paludosa, Epistylis coarctata, Gerda, Chlamydomonas, Rotifer vulgaris und Nematoden. Später fand ich mehr Diatomeen, besonders kleine Individuen von Hantzschia amphioxys, Nitzchia palea, Stigeoclonium und Phormidium. An mehr faulem Gras bestand der weissliche Belag aus Bakterienhaufen mit Astasia margaritifera Schmarda. An anderen Stellen waren mehr Bodonen vertreten, und stellte ich die Arten Bodo globosus, caudatus und minimus fest neben Euglena viridis, viel Stigeoclonium, Phormidium uncinatum, Hantzschia amphioxys, Nitzschia palea, Navicula atomus und cryptocephala, ferner Nematoden. An wieder anderen Orten kam auf der feuchten Erde, neben viel Euglena viridis und viel Euglena deses, Oscillatoria anguina, formosa und splendida vor, sowie Glaucothrix gracillima Zopf, ferner Spirillen und Beggiatoen, auch schwarze Springschwänze (Poduriden) waren hier zu finden. An frisch überrieselt gewesenem Gras trat stets zuerst Euglena viridis auf, die anderen Organismen erst später.

1) „Ueber die geographische Verbreitung der Süsswasser-Protozoen". Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg. VII Sér. Tome XLI. 1893.

Da in den Gräben durch die zeitweise recht schnelle Strömung die meisten Organismen fortgeschwemmt werden, erschien es interessant, die Entwickelung der Organismen in meist stagnierendem Rohwasser zu beobachten. Für diesen Zweck bot sich Gelegenheit in einem Staubecken, welches eingerichtet war, um die Wirkung der Sandfiltration an dem Rohwasser zu verfolgen. In dem auf dem Sandkörper stehenden Wasser fanden sich zuerst die oben aufgeführten Organismen wieder häufig, und einige derselben, namentlich die grünen Flagellaten, gelangten Ende Juli nach längerer (14 Tage) Sistierung des Zuflusses zu einer sehr schnellen Vermehrung, sodass das Wasser besonders durch vegetative Zustände von Chlamydomonasarten grün gefärbt war. Dazwischen fand sich Oscillatoria formosa Bory, Euglena pisciformis, acus und viridis, doch trat letztere bei reinigender Zersetzung des Wassers nur vereinzelt auf. In sehr grossen Mengen erschien darauf das Rädertier Hydatina senta, dessen Mageninhalt bei allen Individuen grün gefärbt war durch gefressene Chlamydomonaden. Im allgemeinen hatte ich Hydatina mehr in der kälteren Jahreszeit gefunden, sie erträgt jedoch den Wechsel von Sommer und Winter — Temperaturen zwischen 2 und 27° C. — ohne Unterbrechung ihrer Lebensfunktionen, ist also einer der ausgesprochensten Repräsentanten der eurythermen Formen der Rotatorien; sind doch auch ihre Männchen zu allen Jahreszeiten zu finden, während bei den meisten Rädertiergattungen die Männchen nur zu einer bestimmten Geschlechtsperiode aufzutreten pflegen. Die so massenhafte Vermehrung der Hydatina scheint demnach — wie ich auch an anderen Stellen beobachtete — von der Natur des Abwassers und der Menge der in diesem lebenden Organismen abhängig zu sein; Chlamydomonas- und Lepocinclisarten, sowie Euglenen scheinen als Nahrung bevorzugt zu werden.

Durch solche stehenden, noch etwas stinkenden Abwässer werden verschiedene Mückenarten zur Eiablage angelockt. Während der Monate Juli und August fanden sich in dem Staubecken massenhaft Larven und Puppen von Culex annulatus, welche ersteren sich gleichfalls von Chlamydomonas genährt hatten. In der auf dem Sande befindlichen Schlammschicht lebten zur selben Zeit junge und alte Larven von Chironomiden.

Solche Umsetzungen von faulender organischer Substanz in grüne Geisselalgen und weiter in Rotatorien und Insekten, welche letzteren als Leckerbissen für die Vögel die Abfallstoffe diesen nutzbar machen, finden auf den Rieselfeldern nur in stagnierenden Abwässern statt:

Digitized by Google

in den Abflussgräben mit schnellem Gefälle werden die Organismen mit Ausnahme der eine festsitzende Lebensweise führenden schnell hinweggespült. Dagegen bietet der Schlamm der Riesel- und Staugräben den Larven und Puppen der Zuckmücken, der Chironomiden, bessere Gelegenheit zur Sesshaftmachung; man findet an diesen Orten namentlich die Larven von Chironomus plumosus zu allen Jahreszeiten ununterbrochen faulende Substanz in lebenden Tierkörper umsetzend. Namentlich im Hochsommer fand ich die wurstförmig gewundenen Laichklumpen dieser Art in dem erwähnten Staubecken sehr häufig vor.

In dem sandigen Graben, in welchem das aus dem Staubecken abgelassene Wasser teils versickerte, teils weiter abfloss, hatte sich Mitte August ein dicker schwarzer Belag gebildet, der fast ausschliesslich aus Phormidium uncinatum Gomont bestand; sehr viele Trichome dieser bei mikroskopischer Betrachtung blaugrün aussehenden Alge zeigten an ihren Endzellen büschelig radial angeordnete Fäden, welche ich als Leptothrix thuretiana (Borzi) Hansg. bestimmte. Auch im November bekleideten diese schwarzen Massen den feuchten Graben noch massenweise, waren aber diesmal durchmischt mit Oscillatoria formosa, welche nun gleichfalls an den Endzellen mit der genannten Leptothrix-Art besetzt war. Die Oscillatoria formosa weist wohl auf frischen Jauchezufluss hin, mehr als das monoton (in überwiegender Individuenzahl) vorkommende Phormidium uncinatum; auch fanden sich jetzt in den Algenmassen Beggiatoa alba, Diplogaster rivalis und andere Nematoden vor, ferner noch die Diatomacee Hantzschia amphioxys. Sowie aber im Dezember die kalten Tage mit etwas Schnee einsetzten, schien jede Spur von den Algen verschwunden bei freilich sistiertem Abwasserzufluss; sie entwickelten sich auch nicht wieder während der übrigen Wintermonate.

Dagegen hatte sich Ende Januar in einer im Grabensande gebildeten Regenpfütze Chlamydomonas brauni Gor. so reichlich vermehrt, dass die Lache grün gefärbt war und einen eigentümlich scharfen Geruch angenommen hatte wie von ozonisiertem Wasser. In dieser Pfütze fanden sich sonst noch vereinzelte Individuen von Euglena viridis und von einem braunen Infusor: Prorodon griseus Cl. & L., sowie wenige Nitzschia palea und Hantzschia amphioxys. Im Sandkörper selbst war noch ein schwärzlicher Belag von Phormidium uncinatum, zusammen mit Phormidium autumnale zu konstatieren. Schon im November hatte sich ein Phormidium gezeigt, welches in der Mitte steht zwischen uncinatum und autumnale.

Ein ähnlicher Befund wie in dem Staubecken war in dem stehenden Wasser des nahe am Oxydationskörper I aufgestellten grossen Versuchsbottichs zu konstatieren; doch trat zu den Massen Chlamydomonas noch Chlorella vulgaris hinzu und zwar in ähnlichen Mengen; daneben zeigten sich von Spirillen Spirillum rugula und undula, sowie nicht selten Anthophysa vegetans in freien Kolonien und auf Stielen, ferner Paramaecium aurelia sowie einzelne Euglena viridis und acus; von Rädertieren fand sich hier nur Diglena catellina Ehb. und von Bacillariaceen Hantzschia amphioxys sehr zahlreich, zumeist mit zarten Pilzen besetzt. Nach allen meinen auf den verschiedenen Rieselfeldern gemachten Befunden muss ich diese Hantzschia-Art als diejenige Diatomacee bezeichnen, welche am besten Abwasser verträgt; vereinzelt findet sie sich sogar in Rohjauchen und zeigt hier volle Lebensfrische und oft lebhafte Bewegung.

Mit den Spirillen kam noch ein nach der vorhandenen Literatur nicht zu bestimmender Chromatium-ähnlicher Organismus vor von schwach violetter Farbe, Schwefel speichernd, 12 μ lang und 8 μ breit; vielleicht ist er identisch mit Pseudospirillum uliginosum Zach., vielmehr dessen Teilungssprösslingen.[1])

In den beiden Fässern, welche, bevor das grosse Staubecken eingerichtet war, für Versuche mit Sandfiltration gedient und längere Zeit unbenutzt gestanden hatten, zeigten sich im September dunkelblaugrüne Massen von Oscillatoria formosa Bory, welche wieder dadurch interessant war, dass sich an den meisten ihrer Endzellen Leptothrix thuretiana gebildet hatte. Von allen Oscillatorien scheint die formosa sich dem Leben im Abwasser am meisten angepasst zu haben, denn sie bildet sich — allerdings nur im Sommer — an den Rändern der Zuflussgräben, welche Rohjauche enthalten; in den auf den Oxydationskörpern lagernden Zuführungsrinnen mit höheren Wärmegraden tritt sie auch im Winter auf.[2])

Nachdem die beiden Fässer gereinigt waren, beschickte ich das eine mit geklärtem Abwasser, das andere mit nachträglich durch Sand filtriertem, um in diesen beiden Medien die Entwickelung der verschiedenen Organismen vergleichsweise verfolgen zu können. In dem ersten Fass (I) hatten sich nach Verlauf von 14 Tagen zahlreiche

1) Forschungsberichte aus der biologischen Station zu Plön. X. 1903. S. 231. Taf. II, Fig. 14b und c.

2) Auch an der Leipziger Kläranlage im Rosenthal ist Osc. formosa das ganze Jahr hindurch zu finden.

Digitized by Google

Euglenen eingefunden, neben Euglena viridis auch Eugl. pisciformis; die eingetretene grünliche Färbung war aber durch Chlorella bedingt, während Chlamydomonas nur schwach vertreten war. Auch andere Palmellaceen kamen recht häufig vor, selbstverständlich in erster Linie Scenedesmus caudatus und obliquus; von der ersten Art war var. abundans nicht selten, ferner Selenastrum acuminatum und gracile, Actinastrum hantzschi, Dictyosphaerium pulchellum, Rhaphidium polymorphum, auch junge Individuen von Pediastrum boryanum und duplex. Von Bacillariaceen, neben viel Hantzschia amphioxys, Nitzschia palea und linearis, Navicula cryptocephala und atomus. Von Protozoen besonders Trepomonas agilis, Vorticella microstoma und putrina, welche beiden noch einen nicht unbedeutenden Grad der Verunreinigung anzeigen. Im Bodensatze fand sich denn auch Paramaecium caudatum, Urostyla weissei, Euplotes charon, Hyalodiscus limax, Peranema trichophorum und Philodina roseola reichlich vor, welche Organismen beweisen, dass im untersten Teil des Fasses sich noch Fäulnisprozesse abspielen, während im oberen viel stärker belichteten Teil die Sauerstoff produzierenden Algen viele Fäulnisstoffe vernichtet haben. Larven von Culex und Chironomus plumosus waren im September im Jugendstadium nicht selten, sie wuchsen schnell heran; während aber die Culex-Larven ihren Entwickelungsgang schon Ende September vollendet hatten und im Oktober völlig fehlten, wurden die Chironomus-Larven immer häufiger. So ist dafür gesorgt, dass auch Vertreter der Insektenwelt im Winter als Beseitiger des Faulschlamms tätig bleiben. Als im Oktober und November Chlamydomonas sich massenhaft entwickelt hatte und Chlorella zurückgedrängt war, trat auch wieder Hydatina senta auf, besonders Ende Oktober mit Eiern und Jungen, während sie Ende November abnahm.

Die Entwickelung der Organismen in dem andern Fasse (Fass II) mit durch Sand filtriertem Abwasser hielt nur in Betreff der Gattung Chlamydomonas gleichen Schritt mit den Organismen des ersten Fasses. Die Chlamydomonas-Arten scheinen demnach von dem Gehalt des Wassers an organischen Substanzen nicht in dem Masse abhängig zu sein, wie die anderen Organismen; findet man sie doch in Mischung verschiedener Arten oft in Regenlachen, in denen sie nicht viel Nahrung haben, sich aber doch so schnell vermehren, dass sie bald das Wasser grün färben. Leider war es mir bei den so vielen Bestimmungen der anderen Organismen und der verhältnismässig grossen Entfernung der betreffenden Rieselfelder noch nicht möglich, in

diesem Falle einzelne Arten für Abwässer festzulegen. Erwähnen will ich hier nur, dass in beiden Fässern im Oktober und November die sonst von mir noch nirgendwo beobachtete Lobomonas francei Dangeard sehr häufig vorkam und Ende November den grössten Teil der in dem Wasser freischwebenden Organismen ausmachte. In dem durch Sand filtrierten Wasser war die Gruppe der Palmellaceen schwach vertreten, nur Chlorella war häufiger, während Scenedesmus und Rhaphidium vereinzelt vorkamen, und die anderen vorher aufgeführten Arten vermisst wurden. Selbstverständlich blieben auch die Euglenen vereinzelt, ebenso die ciliaten Saprobien, wie Chilodon cucullulus; Paramaecium caudatum trat auch hier nur im Bodensatze auf, in welchem Hyalodiscus limax aber reichlicher zu finden war. Im Bodenschlamm fanden sich auch Chironomus-Larven, während die Larven der Stechmücke das reinere Wasser gänzlich gemieden hatten und ihre Eier dem nebenstehenden Fasse mit dem unreinen Wasser anvertraut hatten. Von Oscillatoria formosa fanden sich in dem ersteren nur wenige Fäden. Von Rotatorien kam im Bodensatze nur Philodina roseola vor, Hydatina senta hatte sich in dem reineren Wasser nicht entwickelt, obgleich Chlamydomonas als Nahrung ebenso reichlich vorhanden war, wie in dem anderen Fasse. Zu erwähnen wäre noch Cryptomonas erosa, welche sich in dem reineren Wasser schnell vermehrt hatte, während sie in dem unreinen und allmählich reiner gewordenen Wasser erst im November auftrat. Mit der typischen Art trat aber in beiden Fässern sehr häufig eine Abart auf mit maikäferschwanzartig gebogenem Hinterende, welche ich als forma reflexa bezeichnen möchte: sie scheint nicht identisch mit dem angeblich jungen Individuum von Cryptomonas ovata nach Stein[1]) und hat eine Länge vor 16—20 μ und eine Breite von 8—14 μ; ich habe diese Form so charakteristisch und von gleichbleibender Grösse bis jetzt nur in Abwässern bemerkt, nie in Teichen und anderen stehenden Gewässern, in denen die gute Art sonst häufig vorkommt, ebenso wie im Plankton mit organischer Substanz angereicherter Flüsse. Besonders reichlich hatte die Abart sich entwickelt in einer mit geklärter Jauche gefüllten grossen Flasche, welche in meiner Wohnung 4 Wochen lang am Fenster gestanden hatte; auch hier trat Philodina roseola im

1) Vergl. Stein, der Organismus der Flagellaten. I. 1878. Taf. XIX, Fig. 25 und 26 und Bronns Tierreich. I. Band, 2. Abt., Tafel XLI, Fig. 10b.

Bodensatze zahlreich auf neben sich ausbreitendem Stigeoclonium farctum.

Anfang November wurde das Wasser in beiden Fässern auf seine Oxydierbarkeit an Ort und Stelle untersucht; es ergaben sich folgende Resultate:

Fass I.	mg in 1 Liter:		
mit Organismen:	= 822 $KMnO_4$	= 206 O.	1 mg Stickstoff als NH_3
von diesen abfiltriert:	= 815 „	= 204 O.	—
Fass II.			
Wasser aus der oberen Schicht mit Organismen:	= 841 „	= 210 O.	Spuren NH_3
abfiltriertes Wasser:	= 695 „	= 174 O.	—

Es ergibt sich aus dieser einzelnen Untersuchung wieder, dass eine Nachfiltration von Vorteil ist, und dass durch diese sogar Ammoniak bis auf Spuren beseitigt wird; bei dieser Untersuchung ist zu berücksichtigen, dass Ammoniumnitrat durch Fliesspapier eingeführt werden kann. Die abfiltrierten Organismen bestanden im November zum grössten Teile aus Chlamydomonas, im Fass I auch noch aus Euglenen und Palmellaceen; auffällig ist, dass bei Fass I die Differenz zwischen filtriertem und unfiltriertem Wasser keine grössere ist. Weitere Versuche konnten leider nicht angestellt werden, da versehentlich die beiden Fässer ausgeschüttet und von der Rieselfeldverwaltung für andere Zwecke benutzt worden waren.

Eine vergleichende biologische Untersuchung wurde Anfang August mit aus dem Sedimentierbecken entnommenem Rohwasser angestellt. In demselben kam neben den erwähnten rosaroten Zoogloen viel Spirillum serpens vor, weniger Spirillum undula, viel Polytoma uvella und Monaden, gleichfalls Muskelfasern. Nach Verlauf von 4 Tagen waren bei Zimmertemperatur diese Organismen mit Ausnahme von wenig Polytoma verschwunden; dagegen hatten sich eingestellt Spondylomorum quaternarium Ehbg., Lobomonas francei, Chlamydomonas debaryana, Amphileptus claparedei, viel Paramaecium aurelia mit Inhalt von Lobomonas, Colpidium colpoda und Glaucoma scintillans. Acht Tage später waren hauptsächlich Chlamydomonas reinhardi Dang. und Chlamydomonas debaryana Gorosch. vorhanden neben vereinzelter Sarcina paludosa. Anfang September hatten sich die meisten der Chlamydomonaden encystiert (Cysten von 17 μ) und

Scenedesmus-Arten (Scened. obliquus und bijugatus) waren aufgetreten neben vereinzeltem Chilodon cucullulus. Bodo und Hantzschia amphioxys. Ende Oktober überwucherte Scenedesmus obliquus und Scenedesmus caudatus mit breiten Zellen und sehr zarten Stacheln, auch häufig war Selenastrum acuminatum, ferner hatte sich eingestellt Gonium sociale (Duj.) Warming = Gonium tetras A. Br. und Chlamydomonas reinhardi sich von neuem entwickelt. Das Wasser war jetzt völlig geruchlos. Der Unterschied in der Entwicklung der Organismen im Vergleich zu denen des reineren Fasswassers liegt hauptsächlich in dem Auftreten von Spondylomorum und später von Gonium sociale.

Die Abflüsse der südlichen Hälfte der Rieselfelder sowie diejenigen aus den Oxydationskörpern vereinigen sich in dem südlichen Abflussgraben, welcher in Gatow bei der Krause'schen Gartenwirtschaft in die Havel mündet. Während des ganzen Jahres finden in diesem Graben bedeutende Eisenabscheidungen statt in Form von braunem Hydroxyd. Bei dem sehr starken Gefälle des Grabens und der dadurch bedingten Geschwindigkeit des Wassers wird dasselbe ununterbrochen mit Luft vermischt, sodass es scheint, als ob die Eisenabscheidungen hauptsächlich durch den Sauerstoff der Luft bewirkt werden; ganz vereinzelt fand ich Chlamydothrix ochracea (Ktz.) Migula, niemals Psichohormium-Arten.[1])

Auf keinem anderen Teile der Rieselfelder trat der Unterschied zwischen der wärmeren und kälteren Jahreszeit so charakteristisch hervor wie hier. Im Sommer und Herbst trieb das ausgeschiedene Eisen im Wasserstrome selbst; im Winter setzte es sich in grossen Schlammmassen an den Rändern des Grabens fest oder bedeckte in dieser Form den ganzen Bodengrund, sodass die Massen von Zeit zu Zeit entfernt und auf das höhere Ufer gebracht werden mussten. Die Grundsubstanz dieser braunen Massen bestand dann aus Zoogloeen (mit sehr viel typischer Zoogloea ramigera) und dicken Massen von Sphaerotilus natans, nur selten fand sich dazwischen das Mycel von Fusarium aquaeductuum oder von Mucor. Nie kam Leptomitus vor, dagegen waren Beggiatoen häufig vom Januar bis zum März, an einzelnen Stellen sogar massenweise. Von Sphaerotilus fanden sich selten mal grössere weisse Flocken, die Pilze waren fast stets mit Eisenhydroxyd durchsetzt, nur erbsengrosse weisse Zoogloeahaufen traten dazwischen auf. Das stetige Beisammensein von so bedeutenden

1) Vergl. Rabenhorst, Flor. eur. alg. 3. Band, 324, 325.

Digitized by Google

Mengen der verzweigten Zoogloen mit Sphaerotilus zeigt auch hier wieder den Zusammenhang beider Pilzmassen, wenn auch die Entwickelung des letzteren aus dem ersteren einwandfrei noch nicht bewiesen ist. Die Zoogloea ramigera bildet sich schon in verjauchten Abwässern, in denen Sphaerotilus noch nicht zur Entwickelung kommen kann, dieser tritt erst später auf d. h. im mehr gereinigten Laufe des Wassers. An mehreren Abflüssen städtischer Abwässer habe ich die üppige Vegetation der Zoogloea ramigera zu verschiedenen Zeiten verfolgen können: wurde die Verunreinigung mit viel fäulnisfähiger Substanz eine stärkere, so verschwand Sphaerotilus ganz und die Zoogloea wucherte wieder intensiv; war stärkere Strömung vorhanden, so fanden zugleich die Beggiatoen vorzügliche Lebensbedingungen und die Reinigung durch die Pilzflora ging um so schneller von statten. So lässt sich, abgesehen von den ciliaten Polysaprobien schon durch das charakteristische Wachstum der Wasserpilze ein Schluss auf die Menge der organischen stickstoffhaltigen Substanz, namentlich der gelösten und in Zersetzung begriffenen Eiweissstoffe ziehen. Auch in Carolinenhöhe bot im Abflussgraben die Vegetation der Pilze einen schnellen Indikator, ob die Rieselfelder gut oder schlecht funktionierten: das Auffinden von Sphaerotilus im Sommer deutete den letzteren Umstand an. Ein Unterschied in der Sommer- und Winter-Vegetation bestand ferner in der Wucherung von grünen Algen, dieselbe machte sich aber nur in dem unteren Teile des Abflussgrabens geltend, hauptsächlich auf der Gatower Strecke bis zur Mündung in die Havel. Im Sommer waren hier die untergetauchten Steine mit grünem Algenrasen bewachsen, auch hafteten dicke Watten an den im Wasser befindlichen Halmen und Aestchen. Diese Algen bestanden zum grössten Teile aus Conferva bombycina (Agh.) Lagerh. var. minor Wille, sowie aus Ulothrix subtilis; auf den Steinen fanden sich mehr Entwickelungszustände dieser Algen und Stigeoclonium-Palmellen, dazwischen viel Diatomaceen. Im Winter waren diese grünen Algen ganz verschwunden, dagegen bekleideten den unteren Lauf des Grabens in allen seinen Teilen grosse dichte Vaucheria-Watten, die in ihren äusseren Schichten mit Eisenhydroxyd bedeckt waren; das Wachstum der Vaucheria-Schläuche war sichtlich im Innern der grossen Watten vermöge der organischen Ernährungsweise fortgeschritten. In und zwischen diesen Algenwatten fanden sich so viel Chironomus-Larven (meist von Chironomus plumosus), dass bei jedesmaligem Winterbesuch viele Weissfische, namentlich Plötzen (Leuciscus rutilus (L.) und auch Gründlinge

Digitized by Google

(Gobio fluviatilis Cuv.) beobachtet und auch gefangen wurden, welchen allen die Chironomus-Larven willkommene Nahrung geboten hatten. Auch im Sommer fanden sich Chironomus-Larven zu jeder Zeit und in gleich grossen Mengen neben Culex-Larven und Tubificiden. Fische wurden im Sommer nicht bemerkt, vielleicht fehlten ihnen die Algen und Pilzmassen, unter denen sie sich verstecken konnten. Immerhin bietet das Vorkommen von grösseren Fischmengen in dem im Winter schlechter gereinigten von den Rieselfeldern kommenden Wässern den Beweis, dass Fischleben selbst in verpilztem Wasser möglich ist, wenn nur Sauerstoff in genügender Menge vorhanden bleibt. Vereinzelte Zoogloeen und Sphaerotilus-Flöckchen fanden sich im Plankton des Abflussgrabens regelmässig bis in den Juni hinein, ebenso Mucor-Fäden. Zu dieser Zeit erforderte das Abflusswasser zur Oxydation 62 mg Permanganat in 1 Liter und zwar im oberen Teil des Grabens an der Sturzrinne, während es am Einflusse in die Havel nur 47 mg erforderte. Die Abnahme an Permanganatverbrauch betrug während eines 7 Minuten langen Wasserlaufes demnach ca. 25 %, in diesem Falle wohl mehr ein Beweis für die Wichtigkeit einer schnellen Strömung als dafür, dass in so kurzer Zeit die biologische Reinigung sich geltend gemacht hätte, wenigstens bei schon geklärtem Abwasser. In diesem Wasser hatte sich aber eine reiche Diatomaceenflora entwickelt, welcher ein Anteil an der biologischen Reinigung nicht abzusprechen ist. Dieselbe bestand aus folgenden Arten:

1. Im Plankton.

Achnanthes exilis Ktz.
Navicula perpusilla Grun.
„ atomus Grun.
„ inflata Ktz.
„ cryptocephala Ktz.
„ cuspidata Ktz.
Navicula radiosa W. Sm.
Nitzschia linearis W. Sm.
„ palea W. Sm.
Stauroneis anceps Ehb.
Synedra ulna Ehb.
„ vaucheriae Ktz.

2. Im Schlamm und auf Steinen.

Achnanthis exilis Ktz.
Navicula cryptocephala Ktz.
„ inflata Ktz.
Nitzschia linearis W. Sm.
„ palea W. Sm.
Synedra ulna und vaucheriae.
Synedra amphicephala Ktz.
Gomphonema angustatum var. obtusatum (Ktz.) Grun. (v. Heurck, Synopsis Taf. XXIV, Fig. 43)

Digitized by Google

Gomphonema angustatum forma, sehr klein und kurz.
" olivaceum var. subramosum (Ktz.) Grun.
(v. Heurck, Synopsis Taf. XXV, Fig. 26,27)
Stauroneis anceps Ehb.

In späterer Jahreszeit wurden weniger Diatomaceen angetroffen, nur Navicula cryptocephala fand sich im Herbst noch reichlich vor neben Navicula atomus; im Winter kamen Kieselalgen nur ganz vereinzelt vor. Ausser den schon aufgeführten grünen Algen ist neben den ubiquitär n Scenedesmus- und Pediastrumarten nur noch Closterium acerosum erwähnenswert, welche Desmidiacee wohl selten in schwach verschmutztem Wasser fehlt. Protozoen fanden sich im Abflussgraben während des Sommers fast gar keine, dagegen wurden im Winter die Pilzmassen von einer sehr reichen Mikrofauna belebt, und zwar kommen hauptsächlich in Betracht Colpidium colpoda und Chilodon cucullulus. Diese beiden Arten sind in ihrer Massenhaftigkeit typisch für die Sphaerotilusvegetation, seltener finden sich Euplotes charon, noch seltener Euplotes patella, dagegen treten Paramaecienarten unregelmässiger in den Pilzen auf, je nach einer stärkeren Verunreinigung mehr Par. caudatum als Par. aurelia, gemischt fanden sich diese Arten seltener. Im Februar und März trat Colpoda cucullus Ehb. häufig auf, seltener Stentor coeruleus, Glaucoma scintillans, Colpoda steini, Uronema griseolum, Oxytricha pellionella, Vorticella campanula, Aspidisca lynceus und Hyalodiscus guttula. Von Carchesium lachmanni fand ich im Abflussgraben nur Stiele, die Zooidien hatten in dem mehr reineren Wasser nicht mehr ihre Lebensbedingungen und waren abgestorben. Von Rotatorien fehlte Rotifer vulgaris nie, oft trat er im Grabenschlamm in so grossen Mengen auf, wie ich ihn sonst nirgendwo beobachtet habe, besonders Ende Februar; im März gesellte sich Rotifer tardus hinzu, auch vereinzelt eine Chaetonotusart. Ebensowenig fehlten Nematoden im Schlamme, gleichfalls nie die Tubificiden Limnodrilus udekemianus und Tubifex rivulorum, nie die Chironomuslarven, am Ende des Grabens meist auch nicht Cyclops. Alle diese Vertreter der gröberen Fauna bleiben andauernd bemüht, den Schlamm aufzulockern und in lebendes Fleisch umzusetzen. Euglena viridis und deses fanden sich mit einzelnen Trichomen von Phormidium und Oscillatoria tenuis nur vereinzelt im Schlamm des schnell strömenden Grabens. Im August trat häufig Cryptoglena coerulescens auf nebst einzelnen kleinen Exemplaren von Hydatina senta und dem Ostrakoden Cypridopsis vidua zugleich mit den Diatomaceen Stephanodiscus hantz-

schianus und seiner Varietät pusillus; dieselben Kieselalgen fand ich auch Ende Juli in einem von den nördlichen Berliner Rieselfeldern der Panke zuströmenden Graben monoton in ganz bedeutenden Mengen, während im Carolinenhöher Abflussgraben die oben aufgeführten Naviculeen, Nitzschien und Gomphonemen zugleich vertreten waren.

Auch die Havel unterzog ich unterhalb des Zuflusses des Abflussgrabens an dem Gatower Brückenstege einer häufigeren Untersuchung. Das Plankton enthielt stets reichliche Mengen Detritus, wie solcher auch im Abzugsgraben stets zu finden war, sowie Eisenhydroxyd. Im Januar fanden sich noch Sphaerotilusflöckchen und einzelne Beggiatoafäden als abnormale Bestandteile des Planktons vor, von Protozoen waren nicht selten Stentor roeseli, Coleps hirtus, Strombidium turbo und Trachelius ovum. Im übrigen bestand das Plankton neben sehr viel Asterionella hauptsächlich aus Melosiren, von denen die Arten binderiana, crenulata, curvata und granulata am häufigsten waren; neben diesen Diatomaceen kamen zahlreich vor Synura uvella, Tintinnidium fluviatile und Synchaeta pectinata, auch Brachionus pala und angularis, sowie Anuraea aculeata, Polyarthra platyptna, Triarthra longiseta und Nauplien waren nicht selten. Im sehr reichen Sommerplankton konnten oben genannte Protozoen, welche eine schwache Verunreinigung anzeigen, nicht mehr nachgewiesen werden. Es seien die vorkommenden Planktonarten hier aufgeführt:

Clathrocystis aeruginosa und viridis, zahlreich,
Coelosphaerium dubium,
Gomphosphaeria lacustris,
Chroococcus limneticus,
Anabaena macrospora var. robusta,
" spiroides var. crassa,
" flos aquae,
Oscillatoria limnetica,
Lyngbya limnetica,
Merismopedium glaucum,
Aphanizomenon flos aquae,
Dinobryon cylindricum var. divergens,
" sertularia,
Cryptomonas erosa,
Mallomonas dubia, häufig,
Synura uvella, nicht selten,
Euglena deses, vereinzelt,
Trachelomonas volvocina,
" hispida,
Colacium vesiculosum,
Phacus pleuronectes,
Glenodinium cinctum,
Scenedesmus opoliensis und obliquus,
Selenastrum acuminatum,
Richteriella botryoides, meist in Kolonieen,
Actinastrum hantzschi und var. fluviatilis,
Staurogenia apiculata und lauterborni,
Kiehneriella lunata,

Dictyosphaerium pulchellum,
Coelastrum sphaericum und microporum,
Pediastrum clathratum var. punctatum,
" duplex var. reticulatum,
" " " clathratum,
" boryanum var. granulatum,
" " " longicorne,
Pandorina morum, im August häufiger als im Juli,
Eudorina elegans, nicht selten,
Volvox aureus,
Closterium longissimum,
Staurastrum paradoxum,
Mougeotia minutissima,
Melosira binderiana, häufig,
" granulata var. curvata, sehr häufig,
" granulata var. jonensis,
" " " tenuis,
" arenaria, ganz vereinzelt,
(es fehlt Melosira varians),
Cyclotella chaetoceras,
Stephanodiscus hantzschi var. pusillus,
" astraea,
Asterionella gracillima,
Diatoma tenue var. elongatum,
Fragilaria crotonensis und capucina,
" construens und mutabilis,
Nitzschia palea, fonticola und sigmoidea,
Synedra actinastroides var. opoliensis (durchschnittlich besitzen die Frusteln eine Länge von 50 μ und sind meist 2,8 μ breit, die Sterne sind 3, 4 u. 8 strahlig),
Synedra delicatissima var. mesoleia,
Attheya zachariasi, ziemlich häufig,
Cymatopleura elliptica und solea,
Surirella splendida und biseriata,
Arcella vulgaris und discoides,
Difflugia hydrostatica,
Actinophrys sol,
Diplosiga frequentissima auf Asterionella,
Salpingoeca amphoridium,
Codonella lacustris,
Epistylis lacustris,
Polyarthra platyptera, vereinzelt,
Anuraea cochlearis und aculeata,
Triarthra longiseta, vereinzelt,
Brachionus militaris, vereinzelt,
Bosmina cornuta, häufig,
Cyclops sp. und Nauplien,
Diaptomus caeruleus,
Leptodora hyalina, einzeln,
Hydra grisea, einzeln.

Die grosse Liste dieser in der Havel vorkommenden und für die Reinigung des Wassers Tag und Nacht tätigen Organismen — die Pflänzchen vermöge ihrer anorganischen, sowie organischen Ernährungsweise, die Tierchen teils als Detritusfresser — ist interessant genug: durch den grossen Reichtum an Planktonten aller Art vermag die breite Havel die ihr selbst und die ihr aus der Spree zugeführten Schmutzstoffe leicht zu verdauen. Das Plankton war im Sommer durch die Wasserblüte so reichlich, dass ein jeder 2 m lange Zug

mit einem kleinen Netze aus Seidengaze mehrere ccm zutage förderte. Auch die Organismen des Grundes und des Ufers tragen viel zur Reinigung des Wassers bei; sie verdanken freilich ihre starke Vermehrung dem mit organischer Substanz angereicherten Wasser. So zeigten die unter Wasser befindlichen Stellen der grossen Ufersteine einen ziemlich dicken braunen Belag, welcher sich zum weitaus grössten Teile als aus Gomphonema olivaceum erwies, vereinzelt kamen dazwischen vor: Synedra ulna, Encyonema ventricosum, Ulothrix zonata und Stigeoclonium tenue. Auch auf untergetauchten Brettern und Pfählen hatten sich massenhaft Diatomaceen angesiedelt, wie namentlich Encyonema ventricosum, dazwischen mehr vereinzelt: Synedra ulna mit var. splendens, Nitzschia palea und var. fonticola, Gomphonema olivaceum u. a. Bei sonniger Belichtung war auf diesen Diatomaceenrasen eine Schicht von Gasblasen zu bemerken, durch den Assimilationsprozess ausgeschiedener Sauerstoff, der im nascenten Zustande intensiv reinigend wirkt. Die beiden Diatomaceenarten, Encyonema ventricosum und Gomphonema olivaceum, habe ich oft in Flüssen gefunden, welchen Abwässer zuströmten mit bereits mineralisierter organischer Substanz[1]. Mittels des Pfahlkratzers und der Dretsche wurden viel Paludinen zutage gefördert, auch vereinzelt Pisidium fossarinum, Nephelis vulgaris, Tubificiden, Clepsinen, Mucorflöckchen, Conferva bombycina, Stigeoclonium und einzelne Beggiatoafäden, sowie Euglena viridis vereinzelt. Letztere Organismen beweisen, dass der Schlamm der Flüsse sich nicht so schnell zu reinigen vermag, wie das fliessende Wasser, denn während der Sommerzeit fanden sich unterhalb des Abflussgrabens vor dem Stege im Plankton keine Saprobien.

Es wurden des weiteren die beiden Oxydationskörper (Koksfilter) der Kläranlage, sowie der grüne Belag auf den Steinen des „Rieslers“, welche jetzt entfernt sind, einer andauernden Untersuchung unterzogen.

Der grösste Teil des Rieslerbelages bestand aus Chlorococcum botryoides Rabenh. [= Protococcus botryoides (Ktz.) Krchn.]; ferner fanden sich Ruhezustände von Chlamydomonas, in der Entwickelung begriffene Ulothrix subtilis, eine nicht genau zu definierende Stichococcusart und Zoogloeen; von Diatomaceen sehr viel Nitzschia palea mit var. fonticola, wenig Hantzschia amphioxys. Wie häufig an

1) Vergl. Marsson, Hydrobiologische Untersuchungen in der Vierteljahrsschrift f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. XXI. Bd. Supplementh. 1901. S. 93, 94.

Digitized by Google

feuchten Orten wucherten auch hier algenartige Vorkeime von Moosen. Von Protozoen war recht häufig Epistylis coarctata Cl. et L., sie hielt sich noch einige Wochen lang in den bei Seite gestellten, mit Wasser vermischten grünen Massen; dann entwickelten sich Schwärmstadien, wie ich sie auch sonst im Rohwasser der Rieselfelder gefunden habe, auch auf den Blättern des berieselt gewesenen Grases. Epistylis coarctata war, wie schon oben erwähnt, in allen Teilen der Carolinenhöher Rieselfelder keine seltene Erscheinung, doch nur an solchen Stellen, die mit Rohjauche berieselt gewesen waren; sie ist demnach neben Vorticella microstoma und Carchesium lachmanni zu den Polysaproben zu stellen. Im Rieslerbelage fehlten natürlich nicht die Nematoden.

Die hölzernen offenen Rinnen, aus welchen die Rohjauche auf die Oxydationskörper fliesst, hatten zu allen Jahreszeiten an vielen Stellen einen schwarzen, sammetartig glänzenden Belag, welcher zumeist fast rein aus Phormidium autumnale (Agh.) Gomont [= Phomodium vulgare Ktz.] bestand, doch fand sich an anderen Stellen auch Phormidium uncinatum (Agh.) Gom., ferner Oscillatoria formosa und antliaria neben vielen Bakterien und Spirillen. Phormidium autumnale scheint stärkere Verunreinigungen vertragen zu können als Phormidium uncinatum, welches erst in dem durch Sand filtrierten Abwasser am grossen Staubecken zur stärkeren Entwickelung gelangte. Im Frühling stellten sich in den Rinnen ein: Chlorococcum botryoides, Stigeocloniumpalmellen, keimende Ulothrix subtilis, sowie die vorhin erwähnte Stichococcusart. Während des Sommers kam Stigeoclonium tenue zu reicher Entwickelung, ein Beweis, dass diese Alge im Faulwasser zu gedeihen vermag, wenn sie nur nicht andauernd davon bedeckt ist; sie gedieh in der Rinne gerade zu der Zeit, als die Beggiatoen in üppiger Entwickelung sich befanden, in deren Gesellschaft ich sie auch am Ausflusse eines Siels in die Spree bei Cöpenick sowie an ähnlichen Orten gefunden habe. In der Rinne zeigten die Beggiatoen starke Schwefelspeicherung, es fehlte wieder nicht Hantzschia amphioxys, auch Nitzschia palea war vorhanden, ferner Euglena viridis, Chlamydomonas und Nematoden, vor allem Diplogaster rivalis, sowie Tubificiden. Vereinzelt waren Rotifer und Callidina, Vorticella microstoma, Epistylis coarctata und ganz vereinzelt Chilodon uncinatus.

Alle diese Organismen fanden sich natürlich auch in dem Kokskörper, nur waren hier zeitweise die Bakterien mehr gehäuft, die Bacillen in lebhaftester Bewegung, ebenso die Spirillen, von denen

ich schon oben die Arten rugula, undula und rufum erwähnte. Monaden (Monas-, Oikomonas- und Bodoarten) kamen zeitweise sehr zahlreich vor, namentlich Anfang November, und zwar in solcher Anzahl, dass, wenn man die Berechnung für ein an der Oberfläche befindliches Koksstück machen wollte, auf ein solches eine halbe Million dieser kleinen Flagellaten kommen würde. Was aber bei den Koksfiltern besonders auffiel, das war der Reichtum an Rhizopoden. Stets fand ich Trinema enchelys (Ehb.) Leidy (= Difflugia enchelys Ehb. = Trinema acinus Duj.), sowie Euglypha alveolata Duj.: sie fehlten zu keiner Jahreszeit und fast an keinem Koksstückchen. Von der letzteren Art war es aber ausschliesslich die kleine stachellose Form, wie sie Leidy[1]) abbildet und von ihr angibt, dass sie auch in den Spalten von Strassenpflaster, von Ziegelsteinen an schattigen und feuchten Plätzen der Stadt vorkomme. Die von mir gefundenen Exemplare hatten eine Länge von 39—64 μ (meist 50 μ) und eine Breite von 24—38 μ (meist 30 μ), ihre Struktur war sehr zart und sehr verschieden gezeichnet. Die Trinemen variierten nicht so sehr in der Struktur, sie hatten durchschnittlich eine Länge von 40 μ und eine Breite von 19 μ. Nach Leidy befindet sich die Trinema in Sphagnumsümpfen in feuchten Wäldern, in Sümpfen und im Schlamm von Teichen. Mez dagegen gibt ihr Vorkommen in „reinem Wasser“ an. Neben beiden auch in den tieferen Koksschichten häufigen Rhizopoden kam nicht selten vor Cryptodifflugia oviformis Penard[2]), ihre Länge betrug durchschnittlich 20 μ, ihre Breite 16 μ, sie ist also ein wenig grösser als von Penard angegeben. Von anderen Wurzelfüsslern kamen ganz vereinzelt vor: Difflugia globulosa und die in Abwässern nicht seltene Acella vulgaris, sowie Centropyxis aculeata.

Von grösserer Wichtigkeit als diese winzigen Organismen für den ganzen in den Filterkörpern sich abspielenden biologischen Prozess ist aber die gröbere Fauna. Vor allem sind es die Lumbriculiden[3]), unsere Regenwürmer, welche, wie ich beobachten konnte, von den Feldern in die Kokskörper leicht gelangten, in grossen und in kleinen

1) Fresh water Rhizopods of north Amer. by Jos. Leidy. Wash. 1879.

2) Penard, Etudes sur les Rhizopodes d'eau douce. Genève 1890. p. 168, Taf. VII, Fig. 95—107. Vergl. auch Eugène Penard, Faune rhizopodique du Bassin du Léman. Genève. Henry Kündig. 1902 (mit Bestimmungsschlüssel).

3) Nach gütiger Bestimmung des Herrn Dr. Ant. Collin kommt hauptsächlich Lumbricus rubellus Hoffmstr. (stets alte geschlechtsreife und junge Individuen gefunden) in Betracht.

Digitized by Google

Exemplaren, und sich in denselben massenhaft vermehrt hatten. Mit dem beim Füllen steigenden Rohwasser gelangen sie zur Oberfläche, und nach dem Ablassen treten sie ihre Wanderungen in die tieferen Schichten an. Auf diese Weise verhindern die grossen Würmer, dass andauernd sich dickere Schlammmassen zwischen den Koksstückchen festsetzen, welche ersteren die absorbierende und oxydierende Wirkung teilweise verhindern würden. Neben den Regenwürmern fanden sich auch Enchytraeiden in ziemlich grossen Mengen, so namentlich im Sommer Pachydrilus pagenstecheri; auch diese Würmer werden für die Auflockerung und Konsumierung des Schlammes eine ähnliche günstige Wirkung ausüben wie die Regenwürmer, während die der Nematoden geringer anzuschlagen ist; bei diesen macht es aber die Menge, und alle, alle nähren sich von dem Schlamm! Man wird sich nun fragen: wo bleiben die grossen Würmer? Wenn sie absterben, vermehren sie doch wieder die faulende Substanz! Wer aber häufiger die Kläranlagen und Rieselfelder besucht hat, dem werden die grossen Scharen von Krähen aufgefallen sein; diese finden in den Regenwürmern die vorzüglichste Nahrung, und sie suchen sich nicht die kleinsten Exemplare aus. In Carolinenhöhe bemerkte ich auch viele Möwen (Larus ridibundus), die von den Havelseen kamen, auf der Suche nach Regenwürmern. Der ärgste Feind der letzteren, der Maulwurf, ist auf den Rieselfeldern wohl nur selten anzutreffen.

Anfang Oktober wurde der Filterkörper II in seinen tieferen Teilen untersucht. Zu dem Zwecke wurde die Koksschicht streckenweise von der einen Mauer bis zur anderen und zwar hauptsächlich unter den Rinnen der Länge und Quere nach bis zum Grunde (1 m Tiefe) aufgegraben und nebenan aufgeschüttet. So war eine genaue makroskopische Untersuchung ermöglicht. Der Geruch der mittleren Koksschicht war wie der von reiner frisch aufgegrabener Erde, fast aromatisch zu bezeichnen, erst in der Nähe der Rinne wurde er spüljauchenartig und unmittelbar unter derselben in der obersten Schicht ganz schwach fäkalartig. Hier war der Koks mit einer tiefschwarzen Schicht bedeckt, welche sich nach den Seiten hin verlor und in eine mehr bräunliche Masse (Eisenhydroxyd) überging, zuweilen mit eigentümlicher Hautbildung. Die grössten Regenwürmer fanden sich meist in dieser letzten Schicht bei einer Tiefe von $^1/_2$ m, die kleineren mehr in der Nähe der Rinne, wo auch die meisten kleinen Enchytraeen gesammelt wurden. Der im Sommer häufige Pachydrilus kam im Oktober nur vereinzelt vor, in Mengen jetzt aber Enchytraeus humi-

cultur Vejd. Die an der Cementmauer befindliche geruchlose Koksschicht war fast wurmfrei. Auch in der Tiefe wurden die oben beschriebenen Rhizopoden konstatiert, von Protozoen hier nur Hyalodiscus limax. Insektenlarven fehlten im Oktober gänzlich, wie die sonst in jedem stinkenden Schlamm anzutreffenden Chironomus-Larven und die der Stechmücken, während sie sich in dem durch die letzten 2 Jahre hindurch in der Messkammer abgesetzten Schlamm reichlich zeigten. Dieser negative Befund kann nicht Wunder nehmen: die Jugendstadien dieser Insekten sind durchaus dem Leben im Wasser angepasst, und werden die Eier nur dann in den Filterkörpern abgelegt, wenn dieser bis obenan angefüllt ist, welcher Fall bei dem Kontaktverfahren doch nur während der Tages- bezw. Arbeitszeit in dem betreffenden Versuchsfilter eingetreten ist. Die zur Dämmerungszeit schwärmenden Insekten bleiben dann ausgeschlossen, während sie sich beim kontinuierlichen Verfahren wohl einstellen würden. Dagegen wimmelte es im Hochsommer auf der Oberfläche der Koksschicht von kleinen Schmetterlingsmücken: Psychoda phalaenoides Meig., auf welche wieder Spinnen (Wasserjäger) Pirata piraticus Clerk[1]) Jagd machten. Auch die Spinnen werden den Vögeln zur Beute fallen, sodass schliesslich auch aus den Oxydationskörpern nicht unbedeutende Schlammmengen in lebendes Fleisch umgesetzt in die Lüfte übergeführt werden. Um zu beobachten, ob noch andere Insekten sich in den Filtern entwickelten, wurde auf dem einen eine grosse Glasglocke ein Jahr hindurch aufgestellt, doch ohne Erfolg; unter derselben hatte sich aber das Lebermoos Marchantia polymorpha üppig entfaltet, wie dieses ja auch sonst gern auf Kohlen wächst; ebenso waren die unter der Glocke befindlichen Koksstückchen grün überzogen mit Stigeoclonium tenue, welche Alge den ganzen Winter hindurch wuchs, während auf der Oberfläche der benachbarten Filterteile mikroskopisch nur einige Fädchen zu entdecken waren; ferner hielten sich unter der Glocke bei der grösseren Feuchtigkeit viel Stichococcus bacillaris forma und Chlamydomonas auch im Winter, während die Ulothrix und Conferva-Arten nur im Sommer gediehen, freilich nur spärlich; häufiger waren Oscillatoria formosa und Phormidium autumnale. Von anderen Organismen fanden sich: Nitzschia palea, Navicula cryptocephala, Trepomonas agilis, Bodo saltans, Oikomonas mutabilis, Euplotes charon, Colpoda

1) Die Bestimmung dieser Insekten sowie der Enchytraeen verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Dr. Schiemenz in Friedrichshagen.

Digitized by Google

cucullus, Epistylis coarctata (stiellos), Vorticella microstoma, Aelosoma quaternarium, Rotifer tardus, sowie Nematoden, alle nur in geringen Mengen. Zur Sphaerotilus- oder Mucorbildung kam es auf den Filtern nicht, auch selten nur zur Bildung der Zoogloea ramigera, jedoch wurde, und nicht bloss auf den Filtern, sondern auch in dem Schlamm der Absatzbecken, wie in den Zuführungsgräben, also überhaupt auf den Rieselfeldern eine Sarcina gefunden, welche ich als Sarcina paludosa bestimmte. Diese Sarcina fand ich gleichfalls oft massenhaft in den schwach alkalischen (ammoniakalischen) Abwässern von Zuckerfabriken. Ebenso regelmässig kamen durch Gallenfarbstoffe (Hydrobilirubin) gelb bis braun und durch Schwefeleisen schwarz gefärbte teilweise zersetzte Muskelfaserstücke vor, zuweilen konnte an ihnen noch die Querstreifung deutlich beobachtet werden; man kann diese Nahrungsschlacken unter Umständen als Leitbestandteile (Leitfragmente) für Sielwässer verwerten; Plattenepithelien konnte ich nicht mehr auffinden.

Von den als Versuchsfilter dienenden Oxydationskörpern floss das Wasser fast ganz klar und geruchlos, durchaus nicht mehr fäulnisfähig ab. Die ganz geringe Trübung, der sogen. „Schleier“, bestand wesentlich aus Kalk- und Eisenabscheidungen. Um das Wasser auch von diesen Stoffen zu befreien, wurde es mit Erfolg in einen neu angelegten, aus vielen parallel laufenden Windungen bestehenden Graben, „Schlängelgraben“ geleitet, in welchem sich auch der eigentümliche, leicht kohlartige (Methyl-Mercaptan) Geruch gänzlich verlor. In dem Schlängelgraben entwickelte sich hauptsächlich Stigeoclonium tenue, aber auch Phormidium uncinatum stellte sich ein. Als im März und April zahlreich Euglenen und Carchesium lachmanni auftraten und Beggiatoen sich bildeten, war es mir nach allen meinen bisherigen Beobachtungen klar, dass der betreffende Graben Zufluss von Rohwasser enthalten müsse, wenn ein solcher auch nicht bemerkt werden konnte. Bei sorgfältiger Besichtigung fand ich dann, dass der Damm, welcher den Schlängelgraben von dem viel höher gelegenen und parallel laufenden Rohwasser-Abführungsgraben trennte, von Tieren, wie Ratte, Iltis, Marder u. dergl. durchlöchert war. Von dem Rieselwärter ist solches Raubzeug, welches wohl den Krähen und Möwen nachstellte, auch an verschiedenen Stellen beobachtet worden. Der Befund des Zutritts von Rohwasser war also allein schon durch die makroskopische biologische Besichtigung ermöglicht. Von Saprobien fanden sich ferner noch im Schlängelgraben bei der mikroskopischen

Untersuchung: Paramaecium aurelia, Colpoda cucullus, Colpidium colpoda, Chilodon cucullulus, Vorticella microstoma, Euplotes charon, Arcella vulgaris und Zoogloea ramigera; im April, bei jedenfalls vermehrtem Zustrom von Rohwasser: Paramaecium caudatum und putrinum, viel Carchesium lachmanni, Vorticella putrina, viel Euglena viridis, weniger Euglena deses, Urotricha farcta, viel Rotifer vulgaris, Diplogaster rivalis, Beggiatoen und Phormidium autumnale. In dem unteren Teil des Schlängelgrabens hatte sich massenhaft Hydatina senta (sehr gross, 720 μ lang) entwickelt, vollgepfropft mit Euglenen; hier fand sich auch Hantzschia amphioxys und Nitzschia palea. Im Sommer kam Phormidium uncinatum zur stärksten Entwickelung, namentlich auf dem Grabengrunde, und konnte bei genauer Besichtigung auf diesen Algen haftend eine Schicht von Gasblasen — durch die Assimilation abgeschiedener Sauerstoff — bemerkt werden; auch Hantzschia und Nitzschia befanden sich in lebhaftester Vermehrung. Im August wurde dann der Graben einer gründlichen Reinigung unterzogen.

B. Die Kläranlage, die Rieselfelder und die Teiche in Tempelhof bei Berlin.

Auch die Gemeinde Tempelhof hatte für ihre Abwässer ein biologisches Reinigungsverfahren eingerichtet, an welchem seitens der Königl. Prüfungsanstalt Versuche angestellt wurden[1]). Bei diesen stellte sich heraus, dass die Ursache des wenig befriedigenden Kläreffektes, soweit er die biologischen Körper betraf, an dem unrichtigen Aufbau derselben gesucht werden müsse. Es war für die Kontaktkörper ein viel zu grobes Material (Koks von 8—25 mm Korngrösse) verwendet worden, mit welchem bei den konzentrierten Tempelhofer Abwässern (Trennsystem) ein befriedigender Reinigungseffekt unmöglich erzielt werden konnte.

Das Wasser gelangte aus dem Druckrohr zunächst in einen überdachten Faulraum, floss dann durch eine schmale Rinne mit Auslaufsöffnungen auf vier gleich grosse Filterkörper. Auf viel tiefer gelegenen Rieselfeldern von nicht bedeutendem Umfange fand dann mit gutem Erfolge eine Nachbehandlung statt, worauf das Wasser in einen noch tiefer gelegenen, ziemlich grossen Teich floss. Da in diesem die Versickerung und Verdunstung zur Beseitigung der Wassermengen nicht

1) Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. H. 2. 1903. S. 127—163.

Digitized by Google

ausreichte, wurde es bei Ueberschuss aus diesem in einen ausserhalb des Geländes liegenden Teich gepumpt, von welchem es weiter in einen dritten und vierten Teich durch natürlichen Ueberlauf gelangte.

Zunächst unterwarf ich das Rohwasser im Faulraume einer mikroskopischen Untersuchung, während zu gleicher Zeit (September 1901) Herr Prof. Dr. Emmerling die Bestandteile der Schwimmschicht einer chemischen Untersuchung unterzog[1]), aber auch die Pilze und einen Teil der Bakterien bestimmte[2]).

Ich fand im Wasser des Faulraumes folgende Organismen: massenweise Polytoma uvella, Vorticella microstoma mit Gerda, Paramaecium putrinum, Euglena viridis, Chlamydomonasgameten, Oikomonas mutabilis und natürlich sehr viele Spirillen, sowie Spirochaeten, auch Sarcina paludosa vereinzelt, ferner Beggiatoa alba; Mitte Juni kamen viele Larven von Eristalis tenax vor. Nach 2tägigem Stehen im Zimmer hatten sich reichlich schwärmende Kolonieen von Anthophysa vegetans entwickelt, auch Hantzschia amphioxys trat auf, weniger Nitzschia palea, ferner vereinzelte Fäden von Oscillatoria formosa, Colpidium colpoda und Loxophyllum fasciola einzeln; an den Wänden des Glases erschien ein roter Belag, welcher sich später zu Lamprocystis roseo-persicina entwickelte.

Beim Austritt aus dem Faulraum gab das Rohwasser in der hölzernen Rinne zur Bildung von folgenden Organismen Veranlassung:

1. Rosafarbene Massen, ganz ebenso schleimig wie in Carolinenhöhe: Lamprocystis roseo-persicina Schroet. (= Protococcus roseopersicinus Kuetz. = Bacterium rubescens Lankester).

2. Hellgrüne Massen (auch während des ganzen Winters): Chlorella vulgaris, sowie kugelige Vorstadien von Chlorophyceen, 3,5 bis 8 μ gross.

3. Weissliche Massen, stark stinkend: Bakterienhaufen und Zoogloeen, sowie Pilzhyphen.

4. Sammetschwarz erscheinende Massen: Oscillatoria formosa Bory, besetzt an den Endzellen mit Leptothrix thuretiana (wie in Carolinenhöhe), Phormidium autumnale, sowie auch Phormidium foveolarum (Mont.) Gom., 1,5 μ dicke einzelne Fäden, die Glieder ebenso breit oder kürzer.

5. Rostfarbene Massen: Eisenhydroxyd.

1) Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. H. 1. 1902. S. 81.

2) l. c. S. 82.

In allen Proben fanden sich viele Nematoden, darunter besonders Diplogaster rivalis. In den hellgrünen Massen hatten sich Anfang Mai viele Teilungsstadien der kugeligen Algen (4,2—7,8 μ) gebildet, besonders in Tetraden; einzelne wuchsen in cylindrische Zellen aus, andere Gloeocystis-artig, doch kam es nicht zu einer progressiven Entwickelung, es überwucherte in der Kultur stets wieder Chlorella; nach einiger Zeit bildete sich Monas vinosa.

Alle diese Organismen fanden sich auch in den Lachen und Gräben der nahen Rieselfelder; doch waren hier die Spirillen, besonders Spir. undula, noch häufiger, ebenso Beggiatoa alba und arachnoidea, in grossen Massen entwickelte sich auch Euglena viridis. Zoogloea ramigera trat erst im weiteren Laufe der Gräben auf. Von Protozoen fanden sich: Oikomonas mutabilis, Bodo minimus, Hyalodiscus guttula, Paramaecium caudatum und putrinum, Vorticella microstoma und Oxytricha pellionella, auch Sarcina paludosa fehlte nicht. Von Diatomaceen kam besonders Hantzschia amphioxys zur Entwickelung (72—88 μ lang), sowie Nitzschia palea und Navicula cryptocephala. Neben Oscillatoria formosa und Phormidium uncinatum kamen einzelne Fäden von Oscillatoria antliaria vor, von Larven Mitte September solche von Ptychoptera contaminata L.

Auf den Oxydationskörpern hatten sich, ebenso wie auf denen der Kläranlage in Carolinenhöhe, die 3 Rhizopodenarten gebildet in derselben Grösse, Gestalt und Zeichnung: Euglypha alveolata, Trinema enchelys und mehr vereinzelt Cryptodifflugia oviformis. In den oberen Koksschichten fanden sich vereinzelt dieselben Organismen wie in der Rinne, besonders Phormidiumfäden, in den unteren Schichten waren neben obigen Rhizopoden nur Sarcinen zu finden. Auffallend war zuerst, dass im Gegensatz zu Carolinenhöhe keine Regenwürmer und keine Enchytraeen gefunden wurden, doch erklärt sich dieses Fehlen zwanglos daraus, dass die hochgelegenen Filterkörper in Tempelhof gar keine Verbindung mit den Feldern haben, während in Carolinenhöhe alle diese Würmer von einem Teil der höher gelegenen Felder mit dem Rohwasser den Filtern zugeführt werden. Vielleicht möchte teilweise die mangelhafte Wirkung der Tempelhofer Oxydationskörper neben der unrichtigen Korngrösse des Koksmaterials und dem fehlerhaften Betriebe auf das Fehlen der Würmer und der anderen vorerwähnten niederen und höheren Lebewesen zurückzuführen sein.

Die ganze Menge des geklärten Abwassers fliesst nun, wie erwähnt, in einen auf dem Gelände der Kläranlage gelegenen Teich.

Digitized by Google

Zu den meisten Zeiten des Jahres war das Wasser desselben von grünlichem Aussehen, besonders im Hochsommer bis in den September hinein; zum grössten Teile war diese Färbung durch Chlorella[1]) bedingt, doch je nach dem Grade der Verunreinigung, d. h. durch Zufluss von ungenügend geklärtem Abwasser, treten auch Euglenen auf, neben Euglena deses massenhaft Euglena viridis, welche ausserdem an mehreren Uferstellen dickere Schichten gebildet hatte, im August Euglena geniculata Duj. Im August war auch das sonst an Brachionen haftende Colacium vesiculosum (Ende Juni nur ganz vereinzelt) zu einer solchen Massenentfaltung in schwärmendem Zustande gelangt, dass die grünliche Färbung des Teichwassers hauptsächlich durch diese Alge bedingt wurde, während Chlorella mehr zurücktrat. Auch Chlamydomonas trat im Sommer auf, doch mehr vereinzelt, und zwar Chlamydomonas debaryana und variabilis Dang.; im August Lepocinclis texta (Duj.) Lemmerm., gegen den Winter Carteria cordiformis (Carter). Zu den grünen Abwasserorganismen ist auch Spondylomorum quaternarium Ehbg. zu rechnen, welche während des ganzen Sommers — mit Ausnahme des Juli, als auch die Palmellaceen fehlten, die Brachionen aber zu üppigster Vermehrung gelangt waren — vorkam; Ende Oktober, als Polytoma uvella äusserst zahlreich im Teiche erschien, das Wasser also einen sehr schlechten Charakter angenommen hatte, kam es an einzelnen Uferstellen sogar zur Schichtenbildung von Spondylomorum, und konnte ich Teilungsstadien dieser Alge beobachten. Ihre Bildung in der bei Seite gestellten Rohjauche (S. 141) habe ich bereits erwähnt, sie ist demnach zu den Mesosaprobien zu stellen; sagt doch auch Lauterborn[2]): „Diese seltene Volvocinee habe ich nur im faulenden Schlamme aufgefunden", ferner fand er sie in der Mosel zusammen mit Euglena viridis in Beggiatoafilzen[3]) und in an Schwefelbakterien reichem Schlamm eines Teiches bei Ludwigshafen[4]). Je mehr man also Abwässer untersuchen wird, desto häufiger wird auch diese bisher für selten gehaltene Alge zum Vorschein kommen.

---

1) Auf Einzelheiten sowie über die in Betreff der Wachstums- und Fortpflanzungsbedingungen der verschiedenen Abwasserorganismen gesammelten Erfahrungen kann in dieser Arbeit nicht eingegangen werden; nach weiteren Beobachtungen soll darüber berichtet werden.

2) Die sapropele Lebewelt. Zoolog. Anzeiger XXIV. No. 635. S. 51.

3) Allgem. Fischerei-Ztg. München 1899. S. 315.

4) Zeitschr. f. Fischerei. Berlin 1902. IX. S. 21 Anmerkung. Vergl. auch Klunzinger, Ueber die phys. etc. Ursachen der Farbe unserer Gewässer. Jahresber. d. Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg. 1901. Bd. 57.

Digitized by Google

Von anderen grünen Algen fanden sich im Juni und Juli noch Pandorina morum, Phacus parvula Klebs, Phacus caudata Hübner und Phacus pleuronectes, letzterer bis in den Winter hinein[1]. Von grünen Einzelligen kamen ferner noch vor im Juni und Juli Richteriella botryoides häufig, Scenedesmus quadricauda und obliquus, Selenastrum acuminatum und eine noch nicht genauer bestimmte breite Rhaphidiumart. Bemerkenswert ist, dass sich in diesem Teiche Diatomaceen, mit Ausnahme von wenig Hantzschia amphioxys im Winterschlamme, nicht vorfanden. Im Winter traten auch Spirillen auf, besonders Spir. undula, kleine Monaden und stiellose Anthophysa vegetans, auch Beggiatoen und Zoogloea ramigera fehlten dann nicht. Protozoen waren gleichfalls nur im Winter zu finden: Vorticella microstoma und putrinum, meist im stiellosen Zustande und schwärmend. Paramaecium putrinum und caudatum, vereinzelt auch aurelia. Urostyla weissei und Aspidisca lynceus; im Oktober und November trat auch häufig Didinium nasutum auf. Von Rädertieren spielten Brachionen die grösste Rolle, und selten habe ich ein Plankton gefunden, in welchem die Brachionen derart überwiegend waren: das ganze Teichwasser war mit ihnen durchsetzt. Am häufigsten trat Brachionus pala auf und zwar im Juni, fast alle Individuen mit Eiern; im Juli war das Maximum erreicht, in dieser Zeit bemerkte ich auch viele Männchen. Brachionus amphiceros war nicht so massenhaft, stets waren aber Uebergänge zwischen beiden zu beobachten. Zugleich mit diesen Formen kam Brachionus rubens vor, alle Arten waren jedoch Ende August im Plankton des Teiches verschwunden, bis auf wenige Exemplare von Brach. pala. Zeitweise im August waren die Brachionen mit zahlreichen stiellosen, 30—50 μ grossen Vorticellinen besetzt, sogar die leeren Hüllen der Sommereier. Wie schon bemerkt, waren zur Zeit der Brachionenentfaltung die grünen Palmellaceen auffallend zurückgegangen, aber es fand sich sehr viel grüner Detritus vor, sodass man durch diese Rädertiere den Teich als defäciert bezeichnen könnte: die aus der faulenden Substanz hervorgegangenen Palmellaceen und Volvocineen waren von den Brachionen verdaut. Von anderen Rotatorien konstatierte ich nur noch Furcularia forficula Ehbg., Diglena caudata Ehbg. und Rotifer vulgaris. Die aufgeführten Rädertierarten

---

1) Die Bestimmungen der Phacus-Arten verdanke ich der Güte des Herrn E. Lemmermann in Bremen. Phacus parvula kam auch im Teich der Kläranlage des Rotherstifts in Gr. Lichterfelde zwischen Conferva vor.

Digitized by Google

habe ich auch in anderen Abwässer enthaltenden Gewässern gefunden. Insektenlarven waren Ende des Sommers häufig und zwar solche von Eristalis tenax L., sowie die grossen Larven und Puppen von Stratiomys chamaeleon L. Den ganzen Sommer und Herbst über fanden sich auch im Plankton Culex- und Chironomuslarven in verschiedenen Altersstadien, gleichfalls sehr häufig Notonectidenlarven. Krustaceen fehlten gänzlich zu allen Jahreszeiten.

In dem zweiten ausserhalb des Geländes der Kläranlage im Felde liegenden Teiche, in welchen bei Ueberschuss das Wasser aus dem ersten übergepumpt wurde, kamen dagegen Entomostraken häufig vor: besonders war es Cyclops strenuus, welcher im Monat August fast monoton das Plankton dieses Teiches ausmachte in allen Entwickelungsstadien, die erwachsenen Tiere aber mit grossen Fetttropfen. Die genannten Abwasserprotozoen kamen im zweiten Teiche nicht mehr vor, vereinzelt fand sich im Winter Coleps hirtus und eine Strombidium-Art. Euglena viridis und deses nur im November, Januar und Mai vereinzelt, gleichfalls Trepomonas agilis. Zusammen mit den Euglenen hatte sich Hydatina senta eingestellt, massenhaft im Januar, und bestand ihr Inhalt meist aus Euglenen, deren grösster Teil zur Zeit der Probeentnahme also schon beseitigt war. Von Brachionen fand sich nur Brachionus rubens und zwar vereinzelt im August mit Dauereiern. Auffallend ist, dass Hydatina auch während des Winters im ersten Teiche nach Zurücktreten der Brachionen zu fehlen schien. Während des Sommers kamen im zweiten Teiche die Palmellaceen zu gleich intensiver Entwickelung wie im ersten, vor allen war es wieder Chlorella (im August auch Tetraden), ferner nicht selten Selenastrum acuminatum (auch in einzelnen Zellen), Selenastrum bibraianum Reinsch, Scenedesmus obliquus und caudatus, Rhaphidium polymorphum und Dictyosphaerium pulchellum. Von Volvocineen hatte sich ausser Clamydomonas reinhardi das auch sonst in selbstgereinigter Jauche (s. Seite 142) vorkommende Gonium sociale im August eingestellt. Cryptomonas erosa war im Herbst nicht selten, ebenso Cryptoglena coerulescens und im Oktober Lepocinclis texta häufig, zugleich fanden sich Phacus caudata Hübner und Phacus pleuronectes. Von Oscillatorien viel Oscillatoria tenuis am Ufer und von Fadenalgen Stigeoclonium. Auch für die Diatomaceenentwickelung waren im zweiten Teiche die Lebensbedingungen bessere geworden, es fanden sich neben viel Nitzschia palea vor Navicula inflata und Navicula gastrum var. placentula, von Encyonema ventricosum nur

Schalen. Von Larven wurden nur solche von Chironomus motilator konstatiert.

Der dritte Teich war völlig frei von Ammoniak, während im zweiten noch Spuren festgestellt wurden, im ersten dagegen oft grosse Mengen. Im dritten kam Chlorella im Sommer noch zur gleichen Entfaltung wie in den andern, dazwischen fanden sich wieder die für den zweiten Teich aufgezählten Palmellaceen, besonders häufig Selenastrum acuminatum, aber auch wieder wie im ersten Teich Richteriella botryoides, ferner noch Coelastrum microporum und Oocystis naegelii. Euglenen und Lepocinclis texta kamen zur gleichen Zeit vor wie im zweiten Teich, Brachionen aber im August in mehreren Arten und in grösserer Zahl: neben Brachionus rubens und pala war sehr häufig Brachionus angularis, von anderen Rotatorien trat Polyarthra platyptera hinzu. Neben Cyclops strenuus fanden sich vereinzelte Männchen von Cyclops serrulosus und viel typischer Chydorus sphaericus O. F. M. Am Ufer hatten sich grössere Flocken von Oscillatoria tenuis gebildet; dazwischen kamen zu Hunderten vor junge Larven von Notonecta glauca; in dem Schlamm wimmelte es von Larven des Chironomus motilator. Von Diatomaceen waren häufig Nitzschia palea, Navicula cryptocephala und Nav. gastrum var. placentula.

Im vierten Teiche schienen im August wieder die Kieselalgen gänzlich zu fehlen: hier charakterisierte sich das Plankton als ein Krustaceenplankton, vorwiegend aus Daphnia pulex und Daphnia schaefferi sowie Cyclops strenuus und dessen Nauplien bestehend: fast alle diese Kruster waren mit Colacium vesiculosum besetzt, welche Alge sich auch im schwärmenden Zustand befand, doch lange nicht so massenhaft wie im ersten Teiche während des Monats Juli: auch Brachionus rubens war mit Colacium besetzt. Die im Sommer in den anderen Teichen häufigen Palmellaceen waren nur schwach vertreten, dagegen hatte Tribonema (Conferva) bombycinum grössere Watten gebildet. In diesen tummelten sich viele Insekten- und Käferlarven, unter den ersteren besonders solche von Stratiomys chamaeleon sowie von Chironomus plumosus und motilator, auch Larven und Puppen von Corethra plumicornis; ferner waren häufig Larven von Dytiscus sp., Notonecta glauca und Corixa striata, vereinzelt auch Piscicola geometra.

Seit einiger Zeit ist nun der Anschluss des Tempelhofer Kanalnetzes an die Berliner Kanalisation bewirkt, die Kläranlage bleibt jedoch, ohne in Funktion zu treten, vorläufig bestehen, um im Falle

eines Rohrbruches oder anderer Umstände halber wieder benutzt werden zu können. Es erschien interessant, die Teiche nochmals einer Untersuchung zu unterziehen, nachdem während der Dauer von ca. 12 Monaten kein Abwasser in dieselben geflossen war. Ende August 1903 wurde deshalb eine Probeentnahme bewerkstelligt, aber in genauerer Untersuchung nur aus dem ersten der Teiche, da die andern schon durch die Erdarbeiten für den durch das Gelände projektierten Teltowkanal zum grössten Teil verschüttet waren. Der erste Teich zeigte jetzt umfangreiche Bestände von Ufer- und Wasserpflanzen, namentlich von Scirpus lacustris und an der Westseite von Lemna polyrhiza. Die freie Mitte und der ganze mehr freie östliche Teil des Wassers war mit grossen Daphnien durchsetzt, so dass die Aquarienhändler und Fischzüchter täglich herbeieilten, um mit wenigen Netzzügen eine schier unerschöpfliche Beute zu machen. Unter den Daphnien war Daphnia schaefferi am meisten vertreten; sehr häufig war auch Daphnia magna, seltener Daphnia pulex, welche sonst in verkoteten Dorfteichen zu dominieren pflegt. Zahlreich war wieder Brachionus rubens vorhanden, während amphiceros, pala und angulosus nicht mehr gefunden wurden; Lepadella ovalis kam vereinzelt vor. Von Copepoden gerieten nur wenige Individuen von Cyclops strenuus ins Netz, dagegen mehr Nauplien. Die früher so häufigen Palmellaceen (wie Chlorella u. a.) waren ganz verschwunden, ebenso die Euglenaceen; bis auf den letzten Rest waren sie wohl von den Krustaceen beseitigt worden, welche sich ausschliesslich von dem massenhaft im Teiche vorhandenem Detritus ernährten. Oscillatorien fehlten gleichfalls, wie überhaupt von Algen nur an den Krustaceen selbst festsitzende Colacien vertreten waren; bei den Daphnien hatte sich Colacium vesiculosum ausschliesslich am Postabdomen angeheftet.

Der westliche Teil dieses $^1/_2$ Morgen grossen ersten Teiches war mit Lemnen stark überwuchert. Mehrere Würfe in und unter dieses Pflanzengewirr mit dem Kegelnetz (Birge'sches Krustaceennetz)[1]) ergaben, dass sich unter der Lemnavegetation nur vereinzelt Daphnien aufhielten, dagegen Cyclops strenuus sehr häufig war; die meisten dieser Krebschen zeigten rote Fetttropfen. Von Rädertieren kam hier nur Salpina mucronata vor, keine Brachionen, die das freiere Wasser lieben.

1) E. A. Birge, List of Crustacea, Cladocera from Madison, Wisconsin. Transactions of the Wisconsin Academy. Vol. VIII. 1892. p. 397.

Der Schlamm des Teiches bestand aus feinem Detritus (viel Daphnienkot), der stark mit Schwefeleisen durchsetzt war und stank. Die chemische Analyse des filtrierten Teichwassers ergab folgende Resultate:

Reaktion	alkalisch
Chlor	238 mg im Liter
Salpetrige Säure	starke Reaktion
Salpetersäure	Spuren
Ammoniak	1,9 mg im Liter
Organischer Stickstoff . .	0,2 „ „ „
Permanganatverbrauch . .	164 „ „ „

Bemerkenswert ist die starke Anreicherung mit Chloriden, welche in den aus gereinigten Fäkalien u. a. Stadtlaugenstoffen bestehenden Abwässern nicht beseitigt werden können; die Mengen des organischen Stickstoffs und des Ammoniaks sowie die anderen Bestandteile beweisen, dass eine Selbstreinigung noch nicht stattgefunden hatte, dass aber ein Heer von Detritusfressern bestrebt ist, die namentlich während der letzten Dauer der schlecht funktionierenden Kläranlage in den Teich gelangten Schlammmassen zu beseitigen. Eine schneller reinigende Algenvegetation konnte unter diesen Umständen nicht aufkommen.

In dem Rest des dritten Teiches waren noch folgende Organismen vorhanden: Brachionus amphiceros häufig, gleichfalls pala, Brachionus angulosus sehr häufig, Brach. rubens wenig. Die meisten der Brachionenweibchen hatten Eier, auch Männchen waren vorhanden; ferner war Polyarthra platyptera selten. Zahlreich war Cyclops vertreten nebst vielen Entwickelungszuständen, während Daphnia schaefferi und magna in dem reineren Wasser seltener waren. Notonecta glauca fand hier reichlich Nahrung. Von Algen waren vereinzelt Oscillatoria tenuis, Trachelomonas volvocina, Lepocinclis texta, Closterium parvulum und Colacium vesiculosum an Cyclops und an Polyarthra.

Wie in Carolinenhöhe in dem Abwasser die Reihenfolge der Organismen von dem Sielwasser an bis zu dem durch Sand nachfiltrierten Wasser eine ganz charakteristische war, so waren sehr ähnliche Verhältnisse auch in Tempelhof vom Faulraum an bis zu den verschiedenen Teichen zu beobachten. Namentlich im geklärten Abwasser bisher selten beobachtete Organismen, wie Spondylomorum quaternarium, Gonium sociale, Trepomonas agilis, Cryptomonas erosa forma u. s. w. kamen an den beiden auch der Quelle ihrer Wasserversorgung nach

Digitized by Google

weit von einander entfernten Orten gleichmässig vor. Ebenso gleichmässig bildeten sich Entwickelungsstadien von Lamprocystis roseopersicina in dem Rohwasser, sowie bald darauf gewisse schwefelwasserstoffbindende Pilze und rote Monas-Arten. Von Diatomaceen vertrug stets Hantzschia amphioxys das am meisten unreine Wasser, darauf folgte in grösserer Entfaltung Nitzschia palea. Auch auf den beiderseitigen Koksfiltern waren die drei Rhizopodenarten genau dieselben. Etwas andere Verhältnisse machten sich in den Tempelhofer Teichen, also in viel grösseren Wasseranlagen, als sie in Carolinenhöhe vorhanden sind, geltend. Hier kamen in dem geklärten Wasser nach dem Auftreten der typischen Euglenaceen die Volvocineen und Palmellaceen zu grösserer Entfaltung und mit ihnen besonders die Brachionen; eine derartige Massenentwickelung — namentlich von Brachionus pala — durch welche gewissermassen eine Defäcierung des Abwasserteiches bewirkt wurde, ist wohl selten beobachtet worden. Die Krustaceen, namentlich die Daphnien, traten erst später auf und gelangten gleichfalls zu einer enormen Vermehrung.

Wenn man nun nach allen den angeführten Befunden in der Charlottenburger und Tempelhofer Kläranlage bezw. den Rieselfeldern und aus dem Vorkommen der verschiedenen Organismen in den verschiedengradig gereinigten Abwässern Folgerungen für die Praxis machen wollte, so könnten nachstehende Schlüsse gezogen werden:

1. In dem aus den Druckrohren strömenden Wasser sind schon die meisten für eine durchgreifende Selbstreinigung wichtigen Keime von pflanzlichen und tierischen Organismen enthalten. Lamprocystis roseo-persicina, Monaden u. s. w. treten schon in dem abgeschlossenen Faulraum der Tempelhofer Kläranlage auf; besonders entwickeln sich aber die verschiedenartigsten Organismen in mit ganz frischem Sielwasser gefüllten und abgeschlossen gehaltenen Flaschen. Gleich bei Austritt des Rohwassers in die belichteten Rinnen bilden sich chlorophyllgrüne Algen, sowie blaugrüne Oscillatorien einschliesslich der schwarzen Phormidien.

Eine Uebertragung bezw. Impfung von reinigenden Mikroorganismen ist deshalb nicht nötig, dagegen erscheinen Versuche mit der Einbringung von grösseren Würmern (Lumbriculiden) in die Filterkörper der Kläranlagen mit intermittierendem Betriebe (Füllkörper) wünschenswert; diese Würmer lockern ununterbrochen den Schlamm und beseitigen einen nicht unbeträchtlichen Teil durch direkte Auf-

nahme. Durch die für die Regenwürmer in den Filterkörpern günstigen Temperaturverhältnisse, d. h. durch die Eigenwärme der Filter bezw. des aus der Leitung in dieselben gelangenden Abwassers werden dieselben auch in der kalten Jahreszeit in Tätigkeit bleiben; obgleich sie eigentlich Winterschläfer sind, halten sie sich doch auch in den Zimmerblumentöpfen den ganzen Winter hindurch[1]). Sind die Felder mit den Absatzbecken höher gelegen als die Kläranlage, wie es in Carolinenhöhe der Fall ist, so werden sich bei zunehmender Kälte die grösseren Würmer in die warmen Oxydationskörper flüchten. In Carolinenhöhe konnte diese Tatsache im Dezember beobachtet werden. Nach von Dunbar und Thumm[2]) angestellten Zählungen und Wägungen von Regenwürmern konnte im März und April festgestellt werden, dass sich in dem 100 cbm grossen Oxydationskörper in Hamburg mehr als 100 kg Regenwürmer fanden. Da beim kontinuierlichen Betriebe in den Kokskörpern die Schlammmassen ununterbrochen weiter abgeschlemmt werden, erscheint auch die Einbringung von Würmern unzweckmässig[3]).

2. In den bis jetzt untersuchten Kläranlagen und auf den Rieselfeldern der Berliner Umgebung treten im Rohwasser die gleichen Lebewesen auf, je nachdem ihnen die gleichen Lebensbedingungen gegeben sind. Die Bildung der roten Schwefelbakterien findet dann am lebhaftesten statt, wenn durch Absetzenlassen in grossen Schlammbecken und durch Ueberlauf wie in Carolinenhöhe ihre Vermehrung begünstigt wird, was auf den Berliner Rieselfeldern in nur ganz geringem Masse der Fall ist. Ein nicht unbeträchtlicher Teil des in dem Rohwasser sich bald entwickelnden Schwefelwasserstoffes wird durch die Schwefelbakterien gebunden. Die gleichfalls Schwefelwasserstoff zersetzenden und Schwefel speichernden weissen Beggiatoen treten nur bei stärkerer Strömung und demgemäss reicherer Sauerstoffzufuhr, wie in den Zuflussgräben, auf. Es ist demnach die Einrichtung von Entschlammungsanlagen in Form von Absatzbecken wie in Carolinenhöhe von Vorteil, zumal auch die Rieselfelder dadurch entlastet werden, und demgemäss an Fläche gespart werden kann.

1) Nach meinen neuesten Beobachtungen kamen den ganzen Winter über in den Oxydationskörpern Würmer jeden Alters, namentlich von Lumbricus rubellus, vor.

2) Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwasserreinigungsfrage. München und Berlin 1902.

3) Diesbezügliche Verlaufe werden in der Versuchskläranlage mit kontinuierlichem Betrieb in Charlottenburg-Westend angestellt.

Digitized by Google

3. Wenn im Winter die biologischen und physikalischen Faktoren für die Reinigung der Abwässer auf den Rieselfeldern nicht in dem Masse zur Geltung kommen, wie in der wärmeren Jahreszeit bei lebhafter Vegetation von höheren Pflanzen, wäre durch Aufstauungen und Einrichtung von grösseren Klärteichen die Bildung gewisser mikroskopischer Lebewesen zu unterstützen. Bakterien- und Detritusfresser, Euglenaceen, Chlamydomonaden, Oscillatorien, Phormidien u.s.w. finden sich spontan in jedem Sielwasser ein und wirken durch ihre organische Ernährungsweise zumal in den kurzen Wintertagen, sowie auch durch ihre Sauerstoffproduktion im Lichte in günstigster Weise vorreinigend bezw. nachreinigend. Diese Organismen können sich aber nicht in dem schnell fliessenden Wasser der Zuflussgräben der Rieselfelder entwickeln; erst im Stauwasser bringen sie es zu einer Massenvermehrung und leiten mit dieser in charakteristischer Reihenfolge die schnelle Selbstreinigung des Abwassers ein. Bei abfallendem Gelände wäre auf den Rieselfeldern auch die Anlage von Schlängelgräben, wie in Carolinenhöhe, in umfassenderer Weise zu empfehlen; in diesen werden die Abwasser reinigenden Organismen auch bei mässiger Strömung zu grösserer Entwickelung gelangen.

4. Die Tempelhofer Teiche, welche das von der Kläranlage und den Rieselfeldern ablaufende Wasser aufnahmen, zeigen uns, dass in solchen grösseren vorgereinigten Wasseransammlungen die Fauna in einer Weise zur Entwickelung gelangt, wie es an anderen Orten unter natürlichen Verhältnissen kaum möglich ist. Es ist deshalb die Anlage von umfangreichen Teichen auf den Rieselfeldern sehr zu empfehlen. Die erste Beseitigung der Schwebestoffe des in dieselben gelangenden vorgereinigten oder ungenügend gereinigten Abwassers, sowie der aus deren löslichen Stoffen gebildeten Mikroflora findet durch grosse Mengen von Rädertieren statt, unter denen die Gattung Hydatina und verschiedene Arten der Gattung Brachionus die grösste Rolle spielen. Dann erst wird das Wasser für das Wachstum von Krustaceen geeignet, welche man sich in einer weiteren Reihe von Teichen vermehren lassen muss. Gerade die Bildung von Daphnien, welche das vorzüglichste natürliche Fischfutter geben, namentlich für die so wertvollen Karpfen und Schleien, hatte im Tempelhofer Teiche einen solchen Umfang angenommen, dass, wenn nicht viele Fischzüchter ihren ganzen grossen Bedarf mit diesen Krebschen gedeckt hätten, der Teich durch ein Massensterben derselben von neuem verjaucht wäre. Es liegt nun nichts näher, als einen solchen Krustaceenreichtum für die Fischzucht

Digitized by Google

direkt verwertbar zu machen, die Teiche also selbst mit geeigneten Fischen besetzen zu lassen. Auf diese Weise würden die Faulstoffe des Sielwassers nicht bloss für Tiere nutzbar gemacht werden (Regenwürmer, Vögel u. s. w.), sondern wirtschaftlich auch für Menschen. Den Rieselfeldverwaltungen könnte bei sachverständiger Anlage dadurch ein nicht unbeträchtlicher Gewinn erwachsen. Für die Einrichtung der Teiche und ihre Besetzung mit den richtigen Fischen würde bei den derzeitigen Bestrebungen der Fischereivereine der betreffende Provinzialverein mit Rat und Tat zur Seite stehen, wie es schon in Dortmund der Fall ist und vom Fischereiverein für die Provinz Brandenburg erstrebt wird. Wenn bei früher angestellten Versuchen, wie auf einem Berliner Rieselfelde, die Einrichtung eines Fischteiches sich nicht in dem Masse bewährt hat, wie erhofft wurde, so ist die Schuld daran einer nicht ganz sachgemässen Behandlung zuzuschreiben, wodurch zu hohe Regiekosten, wie durch Pumpwerke u. s. w., veranlasst worden sind.

Digitized by Google

3.

Erörterung über die Zweckmässigkeit einer Düngung der Aecker und Wiesen des Klostergutes Weende mit Wasserfäkalien der Stadt Göttingen[1].

Von

Landes-Oekonomierat **Beseler** in Weende.

Es wird angenommen, dass die Zuführung der Fäkalstoffe zu den Ackerstücken bezw. Wiesen in derselben Weise geschehen würde, wie auf dem Gute Eduardsfelde bei Posen. Dort werden die Wasserfäkalien von einer Pumpstation in der Stadt aus in Rohre hineingedrückt, welche auf dem Felde verteilt liegen, und aus einem Schlauch, wie aus einer Feuerspritze, auf die zu düngenden Flächen gespritzt. Es soll also nicht eine Berieselung mit einer Flüssigkeit, welche sämtliche Abwässer der Stadt enthält, sondern mit einer solchen, welche in der Hauptsache nur die Wasserfäkalien aus den Wasserklosetts enthält, stattfinden. Während nach Dankwerts die sämtlichen Abwässer einer Stadt p. Tag und Kopf der Bevölkerung 100 Liter ausmachen, liefern die hier in Fage kommenden Wasserfäkalien jährlich p. Kopf nach Gerlach nur 2,3 cbm, d. i. p. Tag und Kopf 6,3 Liter, also einen weit konzentrierteren Dünger von besser kontrollierbarem

1) Die Frage der landwirtschaftlichen Verwertung der Fäkalien ist zur Zeit noch flüssig; sie kann unseres Erachtens weder allgemein bejaht noch etwa kurzer Hand verneint werden; sie bedarf vielmehr in jedem Falle der ernsten und eingehenden Prüfung von landwirtschaftlich sachkundiger Seite. Der objektiven gutachtlichen Behandlung, wie sie im vorliegenden Falle bei Weende ausgeführt ist, glauben wir den Wert eines vorbildlichen Beitrages zur Lösung der vielumstrittenen Frage beilegen zu sollen. Die Redaktion.

Gehalt an Pflanzennährstoffen. Es ist anzunehmen, dass in nicht zu ferner Zeit in Göttingen die Wasserklosetts allgemein eingeführt sein werden. Erst dann wird von einigermassen gleichmässig zusammengesetztem Latrinendünger die Rede sein können, wie er zum Besprengen der Aecker gebraucht werden kann. Der folgenden Berechnung soll daher die Zusammensetzung der Wasserfäkalien zu Grunde gelegt werden, welche der Direktor der Versuchsstation Posen, Dr. Gerlach, angibt. Demnach sind bei sofortiger Verwertung in 1 cbm mindestens enthalten: 1 kg Stickstoff, davon 50—75 % leicht löslich; aber mindestens:

500 g leichtlöslicher Stickstoff,
100 g Phosphorsäure,
250 g Kali.

Um nun auf die Ausführung dieses Projektes in Weende näher einzugehen, muss man sich klarmachen, dass die Wasserfäkalien an der Südwestecke des Ackerplanes Rischerott (s. beiliegenden Lageplan der Aecker des Klosterguts Weende) bei der städtischen Fäkalienzubereitungsanstalt in die Aecker des Klostergutes eintreten würden und von dort auf eine im Zusammenhang liegende Fläche von 384 Morgen verteilt würden. 120 Morgen Acker kommen nicht in Betracht, weil dieselben Wiesenumbruch sind, welchem nur minimale Gaben von Stickstoff zugeführt werden dürfen für die Ernährung der jungen Pflanzen in ihren ersten Entwickelungsstadien; später sind diese imstande, sich den nötigen Stickstoff aus dem im Boden reichlich vorhandenen anzueignen und würden durch den Stickstoff der Wasserfäkalien nur zu leicht überfüttert werden. Die übrigen, nicht im Zusammenhang mit den 384 Morgen liegenden Ackerstücke des Klostergutes können wiederum nicht in Betracht kommen, da sie weit abliegen, zum Teil weit höher gelegen sind als die 384 Morgen, und eine Rohrleitung dorthin viel zu teuer werden würde.

Um auf den in Frage kommenden 384 Morgen die höchsten Ernten zu erzielen, werden jetzt jährlich folgende Düngermengen verwandt:

20000 Ctr. Stallmist frei Acker im Werte von	10000 Mk.
416 „ Chilisalpeter à 9 Mk. (darin 15,5 % Stickstoff)	3744 „
Dazu 300 Ctr. Superphosphat à 3 Mk. (darin 18 % wasserlösliche Phosphorsäure)	900 „
Sa.	14644 Mk.

Die Zusammensetzung des Stallmistes ist angenommen in 100 Pfd.:

Digitized by Google

mit 0,27 Pfd. nutzbarem Stickstoff,
„ 0,17 „ nutzbarer Phosphorsäure,
„ 0,65 „ Kali,
„ 0,70 „ Kalk.

Der obige Dünger, welchen die 384 Morgen jährlich erhalten, enthält somit von den massgebenden 4 Pflanzennährstoffen:

	Nutzbaren Stickstoff Pfd.	Nutzbare Phosphorsäure Pfd.	Kali Pfd.	Kalk Pfd.
In Stallmist	5400	3400	13000	14000
„ Chilisalpeter	6448	—	—	—
„ Superphosphat	—	5400	—	—
Somit in Sa.	11848	8800	13000	14000.
Da nach obiger Analyse 1 cbm Wasserfäkalien 500 g = 1 Pfd. nutzbaren Stickstoff etc. enthält, so sind in 11848 cbm nutzbare Pflanzennährstoffe enthalten. .	11848	2370	5924	—
Um sämtliche 4 Nährstoffe bei Fäkaliendüngung in derselben Menge zuzuführen, wie bei bisheriger Düngung mit Stallmist und künstlichem Dünger, wären an künstlichem Dünger noch zuzuführen	—	6430	7076	14000.

Da König u. Vogel bei Fäkaliendüngung noch 100 Pfd. Kalk p. Morgen verlangen zur Schadlosmachung des in demselben enthaltenen Kochsalzes, so würden nicht 14000 Pfd., sondern 38400 Pfd. Kalk zu verwenden sein. Der Ersatz der sämtlichen 4 Hauptnährstoffe, welche in der bisherigen Düngung mit Stallmist und künstlichem Dünger enthalten sind, würde bei Düngung mit Wasserfäkalien somit folgenden Kostenaufwand verursachen:

an Phosphorsäure 6430 Pfd. à 17 Pf.	1093,10 Mk.
„ Kali. . . . 7076 „ à 9 „	636,84 „
„ Kalk . . . . 38400 „ à 0,6 „	230,40 „
1 cbm Wasserfäkalien kostet in Eduardsfelde frei Acker 45 Pf., somit kosten 11848 cbm à 45 Pf.	5331,60 „
Gesamtkosten der Düngung mit Wasserfäkalien und künstlichem Dünger	7291,94 Mk.
Die Düngung mit Stallmist und dazu nötigem künstlichen Dünger kostete	14644,00 Mk.
Die Düngung mit Wasserfäkalien und künstlichem Dünger würde kosten	7292,00 „
Somit Gewinn bei Düngung mit Wasserfäkalien	7352,00 Mk.

oder pro Morgen $\frac{7352}{384}$ = 19,3 Mk. und 19 Mk.

Ich gebe gerne zu, dass an diesem Exempel vieles bemäkelt werden kann. Die Schwärmer für die Düngung mit Wasserfäkalien können zu einem noch günstigeren Resultat gelangen, wenn sie annehmen, dass in der Praxis ein Teil des berechneten Stickstoffes des Stallmistes sich verflüchtigt, bevor ihn die Pflanzen zu fassen bekommen, somit ein so grosser Zusatz an Stickstoff, wie in Rechnung gezogen, bei der Düngung mit Wasserfäkalien garnicht nötig sei; auch können sie ins Feld führen, dass man wahrscheinlich mit weniger Phosphorsäure auskommen kann, um die höchsten Ernten zu erzielen. Dagegen lässt sich von den Gegnern der Düngung mit Wasserfäkalien anführen, dass nach Gerlach allerdings die in Rechnung gezogene Quantität leichtlöslichen Stickstoffs und wasserlöslicher Phosphorsäure mindestens in 1 cbm Wasserfäkalien enthalten seien, aber — wie Gerlach betont — bei sofortiger Verwertung. Ob diese sofortige Verwertung hier zu erreichen sein würde, ist mindestens zweifelhaft. Ist sie aber nicht möglich, so ist ein erheblicher Verlust an Stickstoff zu erwarten, denn Gerlach gibt Lagerungsverluste an Stickstoff in 7 Tagen bis 2 Monaten auf 3—92 % an! Es ist endlich auch zweifelhaft, ob das Kubikmeter Wasserfäkalien für Weende ebenso billig zu beschaffen sein würde, wie für Eduardsfelde.

Untersuchen wir nun, ob auf Lehm- und Tonboden, speziell auf dem Weender Lehmboden, um den es sich hier handelt, bei dem eigenartigen Betriebe dieser Wirtschaft und Einführung der Fäkaliendüngung mit einiger Sicherheit auf einen Mehrgewinn von 19 Mark p. Morgen zu rechnen sein würde. Eine alte Erfahrung lehrt, dass Lehm- und Tonböden in ihrer physikalischen Beschaffenheit sich mehr und mehr verschlechtern, wenn ihnen für den durch die Ernten entnommenen Humus nicht Ersatz geboten wird durch Stallmist oder andere Humus liefernde Substanzen. Ein solcher an Humus verarmter Lehm- und Tonboden ist nicht im stande so sichere Ernten zu liefern, wie ein Boden von gewissem Humusgehalt; vor allen Dingen gehen die Rübenernten zurück und werden höchst schwankend. Aus diesem Grunde sehen wir z. B. in der Magdeburger Börde, auf diesem herrlichen, stark humosen warmen Lehmboden, wo man eine Zeit lang glaubte viehschwach oder ganz viehlos wirtschaften zu können, wieder eine Nutzviehhaltung eingeführt. Einen schlagenden Beweis für die Verschlechterung der physikalischen Beschaffenheit des Ackers bei fast ausschliesslicher Düngung mit Latrine und das Zurückgehen der Ernten lieferten Wirtschaften mit tiefgründigem Lehmboden in der

Digitized by Google

Nähe von Cöln, in denen die Rübenernten dermassen zurückgingen, dass schliesslich (das Zuckerrübenkonto hatte den Gewinn und Verlust der Wirtschaft zu tragen) der Produktionspreis von einem Zentner Zuckerrüben mit 2,25 Mark in Berechnung gebracht werden musste, um nur eine normale Verzinsung des in der Wirtschaft steckenden Kapitals zu erhalten. Ohne Zweifel würden die Rübenernten in Weende bei fast ausschliesslicher Düngung mit Wasserfäkalien stark zurückgehen und zwar sehr wahrscheinlich mindestens um 20 Zentner Rüben p. Morgen im Werte von 20 Mark. Was nun die Getreidepflanzen anbetrifft, so wissen wir, dass, um die höchsten Körnerernten zu erzielen, wir ihnen ausser den übrigen Nährstoffen soviel Stickstoff geben müssen, als sie zu solcher höchsten Produktion nötig haben. Geben wir zu wenig Stickstoff, so entgeht uns ein erheblicher Gewinn; bekommen sie zuviel Stickstoff, so ernten wir Lagerfrucht, viel Stroh und wenig Körner von geringer Qualität und verteuern die Ernte durch erschwertes Mähen und Dreschen erheblich; die Lagerfrucht ist ausserdem den Angriffen tierischer und pflanzlicher Schädlinge in weit stärkerem Masse ausgesetzt, als stehendes Getreide. Namentlich mit Stickstoff überfütterte Weizenpflanzen befallen leicht und liefern zusammengeschrumpfte unansehnliche Körner, welche wenigstens als Saatgut nicht zu verwerten sind. Ein solcher Befall tritt auch mit ziemlicher Sicherheit auf tiefgründigem Niederungsboden ein, wenn der Stickstoff noch im April oder gar im Mai den Pflanzen zugeführt wird. Für den rentablen Anbau der Gerste ist die Produktion einer möglichst feinen Braugerste nötig. Eine der Produktionsbedingungen solcher Braugerste ist eine schwache Stickstoffdüngung, während eine stärkere Stickstoffdüngung einen sehr ungünstigen Einfluss auf die Qualität ausübt und damit auch den Preis der Ware erheblich herabdrückt.

Dem Landwirt, welcher den Stallmistzustand seiner Aecker genau kennt, fällt es nicht schwer, in künstlichem Dünger seinen Getreidepflanzen soviel Stickstoff zu geben, als sie zur höchsten Produktion bedürfen und eine schädliche Wirkung des Stickstoffes durch zu starke oder zur Unzeit gereichte Gaben zu vermeiden.

Da wir nun wissen, dass der Gehalt der Wasserfäkalien an Stickstoff immer ein ziemlich schwankender bleiben wird, so würde man niemals im stande sein, in den Wasserfäkalien das richtige Quantum an Stickstoff den Pflanzen zuzuführen, und bald Schaden erleiden durch Zufuhr von zu wenig Stickstoff, und damit ungenügende Produktion, bald durch Zufuhr von zuviel Stickstoff und die dadurch entstehenden

Digitized by Google

Schäden. Die Schäden einer zu starken Stickstoffdüngung würden sich bei der augenblicklichen Wirtschaftsweise in Weende, d. i. Saatzucht, besonders fühlbar machen durch die Unverkäuflichkeit der Körner als Saatfrucht, deren Produktion erhebliche Kosten verursacht hat. Wenn schon eine Mindererntе von 2—3 Zentner Getreidekörnern p. Morgen einen Wert von 19 Mark repräsentieren würde, so wäre für die Saatzucht ein weit grösserer Schaden zu erwarten, wenn auch nur ein Teil der Körner als Saatgut nicht verkauft werden könnte.

Wenn man endlich noch erwägt, dass in Weende, wie wohl in den meisten intensiv betriebenen Wirtschaften, nicht wie häufig in Landwirtschaften, z. B. in Eduardsfelde, Wiesen, Weiden und Brachäcker zur Verfügung stehen, welche fast das ganze Jahr hindurch Abnehmer für die Wasserfäkalien sind, und das Bespritzen der Getreidefelder kaum mehr im April angängig ist, so wird für die meisten Wirtschaften mit Ton- und Lehmboden, namentlich für Weende, der für die Landwirtschaften so sehr gerühmte Vorteil fast wegfallen, den Pflanzen in den oft regenarmen Monaten April, Mai, Juni durch die Wasserfäkalien noch Wasser zuführen zu können.

Ein Umstand ist schliesslich noch in Erwägung zu ziehen beim Uebergang zur Wasserfäkalwirtschaft, d. i. das notwendig werdende Verkaufen des grössten Teiles der sogenannten marktlosen Produkte wie Heu, Stroh, Rübenblätter u. a. m. infolge Abschaffung des Nutzviehes, welches sonst diese Produkte als Futter und Streu verwertet. Es ist nicht zu leugnen, dass in der Nähe grosser Städte die Preise für Heu und Stroh oft höher sein werden, als der wirtschaftliche Wert derselben ist; in solchem Fall würde also der Fäkalien-Wirtschaft aus diesem Umstand eine höhere Rente erwachsen. Dahingegen werden Heu und Stroh, wo solche besonders günstige Verhältnisse nicht vorliegen, in der Regel nicht höher zu verwerten sein, als durch Verbrauch in der Wirtschaft; nicht selten sogar niedriger. Der letztere Fall dürfte sogar in der Regel eintreten bei der Verwertung von Rübenblättern, dieses voluminösen Futtermittels, welches bei weiterem Transport die Fracht nicht zu tragen vermag, es sei denn, dass die Rübenblätter getrocknet und damit zu einem Handelsartikel, zu sog. Kraftfutter umgewandelt würden. Für die Weender Wirtschaft würde die Sache so liegen, dass, wenn sämtliche Wasserfäkalien von Göttingen in der Umgegend der Stadt verwertet und infolge dessen die marktlosen Produkte von etwa 2000 Morgen auf den Markt geworfen würden, Heu und Stroh vielleicht nach ihrem wirtschaftlichen Wert entsprechend

Digitized by Google

verwertet werden könnten, jedenfalls aber nicht höher. Eine weit geringere Verwertung würden aber besonders in der Weender Wirtschaft die Rübenblätter finden, es sei denn, dass eine kostspielige Blättertrocknungsanlage eingerichtet würde. Es würde nichts übrig bleiben, als die nicht zu verfütternden Blätter unterzupflügen mit einem Schaden von mindestens 15 Mark p. Morgen Rübenland, d. i. im Ganzen 128 × 15 = 1920 Mark oder im Durchschnitt für einen der 384 Morgen mit Fäkalien gedüngten Aecker 5 Mark p. Morgen.

Erörtern wir nun, wie sich auf Sandboden eine Düngung mit Wasserfäkalien vermutlich rentieren würde, so liegt uns zunächst das Ergebnis eines Roggendüngungsversuches vor, welchen die Gutsverwaltung von Eduardsfelde mitteilt. Demnach wurden p. Morgen neben einer Düngung von 2 Zentner Thomasmehl und 1,25 Zentner 40 proz. Kali durch 30 cbm Wasserfäkalien mehr geerntet als durch Phosphorsäure und Kalidüngung allein:

9 Ctr. Roggen à 6 Mk. = . .	54,00 Mk.	
15 „ Stroh à 1,50 Mk. = . .	22,50 „	
Sa. . .	76,50 Mk.	
Der Wert der 30 cbm Fäkalien à 45 Pf. betrug	13,50 „	
Somit Wert der Mehrernte	63,00 Mk.	63,00 Mk.

Bei derselben Grunddüngung mit Zugabe der stärksten Stickstoffdüngung, d. i. $^1/_2$ Zentner schwefelsaures Ammoniak und 1 Zentner Chilisalpeter, wurden mehr geerntet als durch die alleinige Phosphorsäure- und Kalidüngung:

5,75 Ctr. Roggen à 6 Mk. = . .	34,50 Mk.	
9,58 „ Stroh à 1,50 Mk. = . .	14,37 „	
Sa. . .	48,87 Mk.	
Der Wert der Ammoniak- und Chilisalpeterdüngung beträgt	15,00 „	
Somit Wert der Mehrernte	33,87 Mk.	33,87 Mk.
Also durch Fäkaldüngung mehr erzielt als durch künstlichen Dünger pro Morgen . . . . . rund 29 Mark.		29,13 Mk.

Dieses Versuchsresultat wurde erzielt in einem Jahre, auf einer Bodenart, mit einer Frucht. Erst jahrelang ausgeführte Versuche mit allen dort angebauten nicht Stickstoff sammelnden Kulturpflanzen auf den verschiedenen Bodenklassen würden ein zuverlässiges Resultat liefern über die höhere Rente durch Düngung mit Wasserfäkalien im Vergleich mit künstlicher Düngung oder mit Stallmist und der nötigen

Beigabe von künstlichen Düngemitteln. Es ist sehr zu bezweifeln, dass dann ein ähnlich günstiges Ergebnis sich herausstellen würde. Damit soll aber nicht etwa gesagt sein, dass nicht doch mit Sicherheit auf eine höhere Rente durch Fäkaldüngung auf Sandboden gerechnet werden könnte. Ich will nur Einiges anführen, wodurch der Sandboden mehr Chancen hat für eine höhere Rente als Ton- und Lehmboden. Zunächst lassen unter den dort vorherrschend angebauten Früchten Hafer und Kartoffeln eine Düngung mit diesen Dungstoffen bis in den Sommer hinein zu; ein Uebermass von Stickstoff auf Sandboden bei Hafer und Roggen wirkt in der Regel nicht so schädlich, als auf tiefgründigem Ton- und Lehmboden, wie wir gesehen haben, und endlich liegt die Gefahr kaum vor, dass sich die physikalische Beschaffenheit des Sandbodens durch Verarmung an Humus in ähnlicher Weise verschlechtert, wie die des Ton- und Lehmbodens.

Ich komme somit zu dem Schluss, dass für Sandboden mit ziemlicher Sicherheit bei Düngung mit Wasserfäkalien auf eine mehr oder minder hohe Steigerung der Wirtschaftsrente zu rechnen ist, dass aber mit höchster Wahrscheinlichkeit für Ton- und Lehmböden nicht nur nicht eine solche höhere Rente zu erwarten ist, sondern eher ein Verlust.

Ganz besonders ungünstig würde die Weender Wirtschaft dastehen. Man würde hier durch Einführung der Wasserfäkalwirtschaft mutmasslich die Rente anstatt zu erhöhen erheblich herabdrücken.

Gegen die Fäkalwirtschaft in Weende auf den bezeichneten Aeckern würde endlich noch der Umstand ins Gewicht fallen, dass dieselben sehr nahe an Wohnhäusern und dem Göttinger Militärschiessstand liegen und dass mit der Möglichkeit gerechnet werden muss, dass die Sanitätspolizei die üblen Dünste der Wasserfäkalien eines Tages vielleicht für ebenso gesundheitsschädlich erklären würde, wie die Dünste der in Weende mit Stroh, Torfstreu und Kainit verarbeiteten Schlachthausabfälle. Für diese wurde nämlich durch Verfügung des Königl. Landrates in Göttingen vom 9. Oktober 1893 angeordnet, dass dieser Düngerhaufen nur versuchsweise mindestens 7—800 m von bewohnten Stätten lagern dürfe, nachdem der Kreisphysikus erklärt hatte laut Bericht vom 15. September 1893, dass die „Fäulnisprodukte, Fäulnisgase etc., welche von den Schlachthausabfällen herrühren, nicht nur

im höchsten Grade lästig seien, sondern auch die Gesundheit zu schädigen vermögen."

Die Folge davon war, dass einige Jahre später infolge einer Beschwerde des Militärfiskus die Schlachthausabfälle auch weitab vom Militärschiessstand gelagert werden mussten, um die Gesundheit der dort sich aufhaltenden Soldaten nicht zu gefährden.

Bei der heute weit verbreiteten Bacillenfurcht lässt sich wohl annehmen, dass, namentlich sobald ansteckende Krankheiten, wie Typhus, Cholera u. a. m. in Göttingen auftreten sollten, Schwierigkeiten hinsichtlich der Unterbringung der Wasserfäkalien bereitet werden würden, und dass unter Umständen deren Verteilung auf Aeckern, welche in der Nähe menschlicher Wohnungen liegen, sogar verboten werden könnte.

4.

Beitrag zur Frage der Desinfektionswirkung des Ozons.

Von

Privatdozenten Dr. **Oscar Spitta,**

Wissenschaftlichem Mitgliede der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin.

Am 20. Mai 1903 wandte sich die Vereinigungsgesellschaft für Steinkohlenbau im Wurmrevier zu Kohlscheid an die Anstalt mit folgender Frage:

„Auf unserer Grube Gouley sind wir im Begriff eine Brausebadeanlage herzustellen, um den unterirdisch beschäftigten Arbeitern die Möglichkeit weitgehendster Reinigung zu geben. Bei dem grossen Mangel an Wasser, der in der hiesigen Gegend herrscht, und bei der Unmöglichkeit, Wasser aus dem Wurmbache zu entnehmen, das durch die Abwässer der Stadt Aachen hochgradig verpestet ist, sind wir auf Grubenwasser angewiesen, das wir aus der Grube mit unterirdisch aufgestellten Pumpen hochheben. Dieses Wasser beabsichtigen wir durch ein geschlossenes Simplexfilter (Patent Desrumeaux) von den mechanisch beigemengten Sinkstoffen zu reinigen, und hoffen damit zunächst ein gereinigtes Wasser zu erhalten. Dies gereinigte Wasser soll alsdann nach dem Verfahren von Siemens & Halske ozonisiert, und nun erst als Wasser für die Brausebäder verwendet werden. Die Ozonisierung wollen wir deshalb einschalten, weil auf dieser Grube anfangs der 70er Jahre Ankylostoma duodenale aufgetreten war, und wenn auch diese Seuche nach unserer Kenntnis der Dinge seit einer Reihe von Jahren erloschen zu sein scheint, so liegt doch die Möglichkeit vor, dass durch zuwandernde Bergleute aus Westfalen die Wurmkrankheit neu auftritt. Durch die Ozonisierung hoffen wir vor-

Digitized by Google

beugend zu wirken, und fragen daher ergebenst an, ob durch die Ozonisierung der von uns verfolgte Zweck erreicht werden kann, oder ob andere Mittel und Wege besser und sicherer zum Ziele führen."

Da wir Angaben in der Literatur betreffend die Desinfektionswirkung von Ozon auf Ankylostomum duodenale nicht fanden, so mussten wir zur Beantwortung der gestellten Frage eigene Versuche anstellen. Das Material zu diesen Versuchen (Fäces mit Eiern des Ankylostoma duodenale) stellte uns auf unser Ersuchen Herr Dr. Bruns, Direktor des Instituts für Hygiene und Bakteriologie in Gelsenkirchen, freundlichst in dankenswertester Weise zur Verfügung. Ausgeführt wurden die Versuche mit Hilfe des von der Firma Siemens & Halske A.-G. der Anstalt zur Verfügung gestellten Laboratoriumsapparates.

Die Versuche sollten hauptsächlich angestellt werden, um zu konstatieren, ob die Larven des Ankylostomum duodenale, d. h. dasjenige Entwicklungsstadium des Parasiten, welches als direkter Infektionserreger allein in Frage kommt, durch Ozonisierung abgetötet werden könnten. Nach dieser Richtung hin sind 6 Versuche gemacht worden. In 2 weiteren Versuchen wurde festzustellen versucht, wie sich die in den Fäces vorhandenen Eier dem Desinfektionsmittel gegenüber verhielten. Da diese Frage aber von mehr untergeordneter Bedeutung war, so beschränkten wir uns auf die genannten zwei Versuche.

Die zu ozonisierende Flüssigkeit, Aufschwemmung der Larven bezw. Eier des Parasiten in Wasser, wurde jedesmal in eine Waschflasche gefüllt und der Strom der mit Ozon beladenen Luft eine gemessene Zeit hindurchgeleitet. Die Flüssigkeit geriet dabei in lebhaft sprudelnde Bewegung, sodass eine innige Berührung zwischen ozonisierter Luft und allen Wasserteilchen stattfand. Die Menge der hindurchgegangenen Luft wurde an der Gasuhr abgelesen. Nach Abschluss des eigentlichen Desinfektionsversuches wurde sofort anschliessend unter Einbehaltung der genau gleichen Bedingungen (Luftgeschwindigkeit, Widerstand der Wassersäule, Stromstärke etc.) die ozonisierte Luft genau die gleiche Zeit durch eine ca. 3prozentige Jodkaliumlösung geleitet, und in derselben später das Ozon durch Titration mit $\frac{n}{10}$ Normalthiosulfatlösung nach Ansäuern mit Essigsäure bestimmt. Unter Berücksichtigung der verwendeten Luftmenge ergab sich die Konzentration (Ozongehalt in g pro 1 cbm Luft), unter Berücksichtigung der angewendeten Flüssigkeitsmenge die Menge des Ozons (in mg ausgedrückt), welche auf 1 l Wasser eingewirkt hatte. Der Ozonverbrauch durch das Wasser selbst wurde nicht regelmässig gemessen. Er war, wie vereinzelte Prüfungen ergaben,

so unerheblich, dass die Differenz häufig durch die kleinen unvermeidlichen Unregelmässigkeiten im Gange der Apparate (die Luft wurde durch eine Wasserstrahlluftpumpe angesaugt) verwischt wurde. Der Kaliumpermanganatverbrauch des Wassers vor der Ozonisierung wurde nach Kubel-Tiemann bestimmt.

Zur Herstellung des Larvenmaterials bedienten wir uns mit gutem Erfolge der von Nissle und Wagener[1]) angegebenen Methodik. Der eihaltige Kot wurde mit Wasser zu dünnem Brei angerührt und sodann auf Schalen mit erstarrtem Agar-Agar ausgestrichen, welches lediglich aus 1 Teil Agar auf 100 Teile Wasser bestand. Aus der erstarrten Agarfläche wurden zuvor einige kreisförmige Stellen herausgeschnitten, der Defekt mit einigen Tropfen Wasser ausgefüllt und auf diese Weise Tümpel gebildet, in denen sich die ausgeschlüpften Larven bald ansammelten. 48 Stunden nach Ansetzen der Kot-Agarschalen waren bei 28° die Larven zumeist ausgeschlüpft. Das Tümpelwasser wurde dann mit den Larven herausgesaugt, in flache Schälchen gebracht und mit etwas reinem Wasser vermischt im Brutschrank offen aufbewahrt.

Die Larven sammeln sich bald am Boden der Schälchen an und können hier bequem entnommen werden. Nach mikroskopischer Prüfung auf Beweglichkeit etc. wurden dann Aufschwemmungen von meist 110 ccm gemacht, 10 ccm zur Bestimmung des Kaliumpermanganats zurückbehalten, und die 100 ccm wie oben geschildert der Ozonisierung unterworfen. Nach Beendigung des Versuchs wurden die Larven durch Zentrifugieren wieder ausgeschieden und abermals mikroskopisch im geheizten Mikroskop-Thermostaten auf Beweglichkeit geprüft. Diese Prüfung wurde mehrfach nach 24 und 48 Stunden wiederholt.

Für die Versuche mit Ankylostomumeiern wurden Aufschwemmungen von 1 g Fäces in 1000 ccm Wasser hergestellt, für gute gleichmässige Verteilung der Fäces durch längere Behandlung der Aufschwemmungen im Schüttelapparat gesorgt und gemessene Mengen der Ozonisierung unterworfen. Nach Abschluss derselben wurde zentrifugiert und das Zentrifugensediment wie oben auf Agarplatten ausgestrichen. Nach 48stündiger Aufbewahrung der Agarplatten bei 28° wurde mikroskopisch auf Larven gefahndet; Kontrollproben mit nicht behandelten Fäces gingen nebenher.

Die Resultate der Versuche finden sich in der Tabelle verzeichnet.

Es ergibt sich aus denselben, dass eine komplete Abtötung der Larven in keinem Falle mit Ozon gelang, obgleich schliesslich die Ozonisierung auf $1/2$ Stunde ausgedehnt wurde und auf 1 l Wasser die beträchtliche Menge von 4015 mg Ozon zur Einwirkung kam. Es handelte sich in diesem Falle um ältere encystierte Formen, welche ja eine grössere Widerstandskraft aufweisen sollen als die jungen. Ob letztere eine Ozonisierung von 30 Minuten ertragen hätten, wurde nicht geprüft, da dieser Punkt für die Praxis unerheblich ist.

1) Nissle und Wagener, Zur Untersuchungstechnik von Eiern und Larven des Ankylostomum duodenale. Hyg. Rundschau. 1904. No. 2.

Digitized by Google

Versuch No.	Desinfektionsobjekt	Flüssigkeitsmenge im Versuch ccm	Dauer der Ozonisierung Min.	Luftdurchgang in Liter	Verbrauch $\frac{n}{10}$ Natr. thiosulf. lösung ccm	Ozongeh. pro 1 cbm Luft in g (Ozonkonzentration)	Auf 1 l Wasser wirkten insges. ein mg Ozon	1 l Wasser verbr. vor d. Ozonisierung z. Oxydat. mg Sauerstoff	Desinfektionsresultate
I.	Junge Larven (1 Tag alt)	200	5	12,3	46,8	9,13	562	109	Larven beweglich.
II.	Larven (5—6 Tage alt)	100	5	13,5	41,4	7,36	994	191	do.
III.	Larven aus Versuch I u. II, nach 3—4 tägiger Pause nochmals ozonisiert	100	10	24,6	85,4	8,33	2050	34	Larven zum Teil beweglich.
IV.	Larven (5—6 Tage alt)	100	15	46,8	153,2	7,86	3677	565	do.
V.	Larven (23 Tage alt)	100	20	36,9	116,5	7,60	2796	22	Larven zum Teil beweglich, auch noch nach 24 und 48 Stunden.
VI.	Larven (24 Tage alt)	100	30	49,7	167,3	8,08	4015	39	Larven zum Teil träge beweglich, auch noch nach 24 Stunden.
VII.	Eihaltige Fäces (1 g auf 1000 ccm Wasser)	500	5	13,5	39,2	6,97	188	—	Larvenzüchtung gelingt.
VIII.	Eihaltige Fäces (1 g auf 1000 ccm Wasser)	250	5	16,3	48,2	7,10	464	54	do.

Kürzere Ozonisierungszeiten wurden von ihnen, wie die ersten Versuche zeigen, gut ertragen.

Dass schliesslich eine gewisse Schädigung der Larven durch längeres Ozonisieren eintrat, machte die mikroskopische Untersuchung wahrscheinlich. Denn erstens war in den Versuchen III—VI ein gewisser Bruchteil der Larven unbeweglich geworden, auch zeigten manche Individuen nach längerer Ozonisierung gewisse Deformitäten (Knickungen u. a.), welche auf eine Alteration schliessen lassen. Die Entwickelung der Eier wurde durch kürzeres Ozonisieren nicht aufgehalten.

Wenn es demnach zwar wahrscheinlich ist, dass durch noch längere Ozoneinwirkung schliesslich eine Abtötung der Parasiten erfolgen wird, so ist es doch auf den ersten Blick klar, dass die Methode der Ozonisierung für die Praxis zur Abtötung von Ankylostomumlarven nicht in Betracht kommen kann. Nach dem, was bisher über die abtötende Wirkung des Ozons auf Bakterien durch die bekannten Arbeiten von Ohlmüller[1]), Ohlmüller und Prall[2]), Proskauer und Schüder[3]) festgestellt wurde, ist die Desinfektionswirkung des Ozons abhängig einmal von der Ozonkonzentration, zweitens von dem Mengenverhältnis, in dem die ozonisierte Luft und die zu ozonisierende Wassermenge zu einander stehen, und drittens von dem Gehalt des zu ozonisierenden Wassers an oxydablen Substanzen. Die Ozonkonzentration betrug z. B. in den Versuchen von Ohlmüller und Prall zwischen 2,91 und 5,90 g Ozon im cbm Luft, in den Versuchen von Proskauer und Schüder 0,9—1,8 g (Wiesbadener Anlage) resp. 3,4—4,0 g (Martinikenfelder Anlage) pro cbm Luft. In den hier vorliegenden Versuchen mit Ankylostomum duodenale betrug die Ozonkonzentration zwischen 6,97 und 9,13 g, war also erheblich höher als bei den Versuchen der genannten Autoren. In den Versuchen von Ohlmüller und Prall trafen ferner auf je 1 Liter des behandelten Wassers 12,1—26,3 mg Ozon, in den Versuchen von Proskauer und Schüder durchschnittlich 2,7 mg (Wiesbaden) resp. 12,2 mg Ozon (Martinikenfelde). Bei meinen Versuchen dagegen trafen auf 1 l Wasser (berechnet) 188—4015 mg (!), also verhältnismässig ganz enorme Mengen.

1) Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamte. Bd. VIII. S. 229.
2) Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamte. Bd. XVIII. S. 417.
3) Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. 41 u. 42.

Nun muss allerdings bemerkt werden, dass das Wasser, mit welchem die Versuche über Abtötung von Ankylostomumeiern und Larven von mir angestellt wurden, teilweise sehr reich an oxydablen Substanzen war. Dieselben stammten aus dem für die Züchtung der Larven benutzten Kot; ihre Entfernung vor Beginn der Ozonbehandlung war schwierig und gelang meist nur mehr oder minder unvollkommen. So kam es, dass zur Oxydation dieser „organischen Substanzen“ in saurer Lösung mittelst Kaliumpermanganats, auf das Liter Wasser gerechnet, 22—565 mg Sauerstoff verbraucht wurden, während in den oben zum Vergleich angeführten Versuchen der Sauerstoffverbrauch der zu ozonisierenden Wässer nur 4,24—7,12 mg (Ohlmüller und Prall) resp. 1,7 und 4,6—8,08 mg (Proskauer und Schüder) betrug.

Trotzdem es erwiesen ist, dass ein hoher Gehalt an oxydablen Substanzen die keimtötende Wirkung des Ozons beeinträchtigt, wird in den hier geschilderten Versuchen bei dem grossen Ozonüberschuss dieser Faktor kaum eine ausschlaggebende Rolle gespielt haben. Auch würde ja in der Praxis ein Wasser, welches Gelegenheit hatte, Ankylostomumlarven oder -Eier aufzunehmen, infolge des gleichzeitig aufgenommenen anderweitigen, aus dem Kot stammenden Materials gewöhnlich reich an organischen Substanzen sein, selbst wenn die gröberen suspendierten Teilchen vor der Ozonbehandlung durch Schnellfilter abgefangen würden: d. h. die Desinfektionswirkung des Ozons würde auch hier eine gewisse Verminderung gegenüber den Verhältnissen erfahren, wie sie bisher in der Praxis der Ozonbehandlung gewöhnlich statthatten.

Auf Grund dieser Versuche empfahlen wir den Antragstellern, von der Ozonisierung ihres zu Badezwecken ausersehenen Wassers Abstand zu nehmen, gleichwohl aber tunlichst dafür Sorge zu tragen, dass das Badewasser tatsächlich frei von diesen Parasiten bleibe, eine Forderung, die ja gerade im Hinblick auf die bekannten Untersuchungen und Anschauungen von Looss[1]) absolut geboten war.

Die zur Zeit vorliegenden Untersuchungen über den Einfluss sonstiger Desinfektionsmittel auf das Ankylostomum duodenale[2]), in erster Linie die interessanten Untersuchungen von Bruns, lassen es

1) Centralbl. f. Bakt. Bd. 24. 1898; Bd. 29. 1901; Bd. 33. 1903.

2) Perroncito; cit. nach Bruns, Klin. Jahrb. 12. Bd; Boycott and Haldane, The Journal of Hygiene. Vol. 4. No. 1.

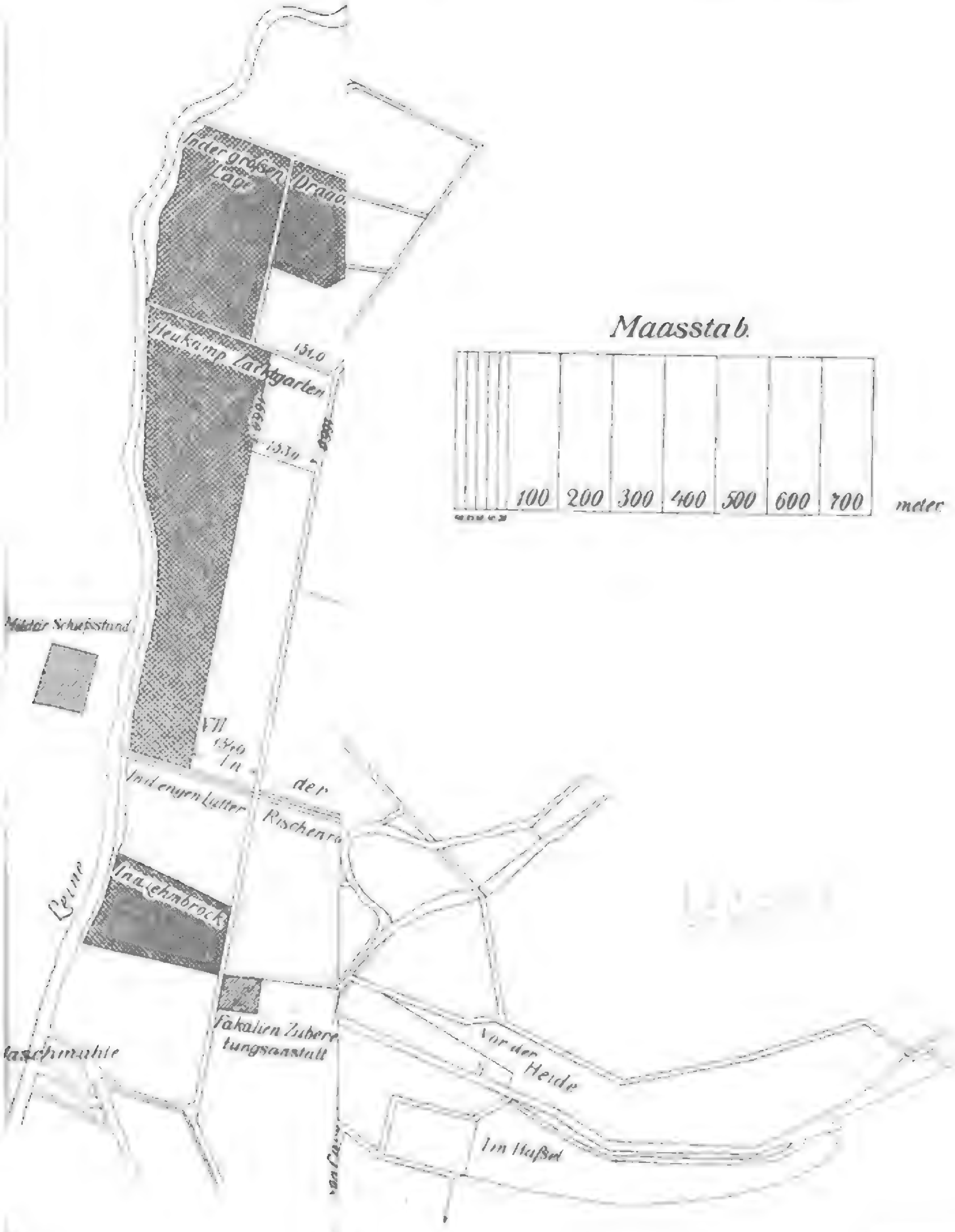
nun als ziemlich aussichtslos erscheinen, auf diesem Wege etwas zu erreichen. Meines Erachtens muss die Tatsache, dass die Ankylostomumlarven stets bald sich auf dem Grund der Flüssigkeiten ansammeln[1], uns ein Fingerzeig sein, wie diese Parasiten am besten und leichtesten aus einem Wasser zu entfernen sind. In diesem Sinne haben wir auch den Antragstellern unseren Rat erteilt. Auch beabsichtigen wir bei Gelegenheit Versuche nach dieser Richtung hin anzustellen.

1) Centralbl. f. Bakt. I. Abt. 29. Bd. S. 734 Anmerkung.

Druck von L. Schumacher in Berlin N. 24.

Digitized by Google

Weender Niederung
und
Bovender Feld.



Mitteilungen

aus der

Königlichen Prüfungsanstalt

für

Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung

zu Berlin.

Herausgegeben

von

Dr. A. Schmidtmann,
Prof., Geh. Ober-Med.- u. vortr. Rat im Kgl. Preuss. Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, Anstaltsleiter,

und

Dr. Carl Günther,
Geh. Med.-Rat, a. o. Professor der Hygiene an der Universität, Anstaltsvorsteher.

Heft 5.

Mit 10 Tafeln.

BERLIN, 1905.
VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD
NW. UNTER DEN LINDEN 68.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

1. Die biologische Versuchskläranlage der Stadt Stuttgart auf der Prag. Von Regierungsbaumeister Schury (Stuttgart) 1
2. Gutachten über die Zulässigkeit der Fäkalienabschwemmung der Stadt Hanau in den Main. Berichterstatter: Prof. Dr. M. Marsson, Privatdoc. Dr. O. Spitta und Dr. K. Thumm (Berlin) 60
3. Chemisch-biologische Untersuchungen über die Verwendung der Rieselwiesen zur Reinigung des Talsperrenwassers für Genusszwecke. Berichterstatter: Prof. Dr. Kolkwitz und Dr. H. Thiesing (Berlin) . . . 130
4. Die Entwässerung der Stadt Göttingen, unter besonderer Berücksichtigung der neuen Abwässer-Reinigungsanlage dortselbst. Von Dr. Busch (Ratzeburg) 151
5. Nachtrag zur Arbeit des Herrn Stadtbaurats Steuernagel „Die Probekläranlage zu Cöln-Niehl und die daselbst angestellten Untersuchungen und erzielten Ergebnisse“ in Heft 4 dieser „Mitteilungen“ 175

Digitized by Google

1.

Die biologische Versuchskläranlage der Stadt Stuttgart auf der Prag.

Von

Regierungsbaumeister **Schury** beim städtischen Tiefbauamt in Stuttgart unter Mitwirkung des Vorstands des städtischen chemischen Laboratoriums Dr. Bujard und des I. Stadtarztes Dr. Gastpar daselbst.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Abwasserverhältnisse in Stuttgart	1
Beschreibung der Kläranlage	3
Betrieb der Kläranlage	7
Menge des geklärten Wassers	15
Aufnahmefähigkeit und sonstiges Verhalten des Filtermaterials	16
Chemische Untersuchungen	20
Untersuchungsmethoden	20
Zusammensetzung des Rohwassers	22
Suspendierte Stoffe, Abdampf- und Glührückstand sowie Glühverlust	25
Abnahme der Oxydierbarkeit	29
Sonstige Resultate der chemischen Untersuchungen	33
Vergleich mit der Wirkung anderer Kläranlagen	34
Bakteriologische Untersuchung, Desinfektion	34
Wirkung des gereinigten Abwassers auf die Fische im Neckar	42
Sonstige Beobachtungen während des Betriebs u. s. w.	43
Schlammfrage	48
Verschlammung und Waschen der Filter	53
Schluss	57

Abwasserverhältnisse in Stuttgart.

Die Haus- und Fabrikabwässer der Stadt Stuttgart einschliesslich des Regenwassers werden durch ein systematisch angelegtes Kanalnetz dem Neckar zugeführt. Fäkalien gelangen in das Stutt-

garter Kanalwasser nur aus den Zuflüssen weniger Aborte, in denen Wasserspülung eingerichtet ist. Diese Zuflüsse müssen jedoch in kleinen Hauskläranlagen gereinigt werden, ehe sie in die Kanäle eingeleitet werden dürfen. Die Fäkalien aus der ebenfalls kleinen Zahl derjenigen Wasserspülaborte, welche keine Hauskläranlage besitzen, dürfen nicht in die Kanäle abfliessen. Diese Fäkalien müssen samt dem Spülwasser wie bei den gewöhnlichen Aborten in wasserdichten Gruben gesammelt werden, aus denen sie dann die städtische Latrineninspektion mittels pneumatischer Entleerung entfernt und in Fässern abführt.

Der Hauptsammelkanal mündet unterhalb der König-Karlsbrücke bei Berg in den neben dem Neckar sich hinziehenden und von diesem gespeisten Mühlkanal. 600 m unterhalb des Schmutzwassereinlaufs vereinigt sich der Mühlkanal wieder mit dem Neckar. Weitere 350 m flussabwärts, bei der auf beiden Flussufern gelegenen Stadt Cannstatt, ist der Neckar durch ein festes Wehr gestaut. Dieser Zustand hat der Stadt Cannstatt schon seit längerer Zeit zu Beschwerden Veranlassung gegeben. Sie betrachtet als Hauptursache der sich in der gestauten Flussstrecke bildenden Schlammablagerungen die Einleitung des Stuttgarter Schmutzwassers oberhalb des Wehrs und strebt die Verlegung der Ausmündung des Stuttgarter Hauptsammelkanals an eine Stelle unterhalb der Stadt Cannstatt an.

Die Stadt Stuttgart ist deshalb schon vor einigen Jahren dem Gedanken nähergetreten, den Hauptsammelkanal weiter flussabwärts zu verlängern. Bevor jedoch hierüber eine Entscheidung getroffen werden kann, ist auch die Frage zu untersuchen, bis zu welchem Grade und nach welchem Verfahren am zweckmässigsten die hiesigen Abwässer zu reinigen sind, ehe sie an der neuen Mündungsstelle dem öffentlichen Gewässer übergeben werden können. Dies ist notwendig, weil man damit rechnen muss, dass eine Reinigung der Abwässer auf die Dauer nicht zu umgehen sein wird, insbesondere dann nicht, wenn später zum Schwemmsystem, d. h. auch zur Einleitung der Fäkalien in die Kanäle, übergegangen werden soll.

Die Stadtverwaltung entschloss sich deshalb, V e r s u c h e mit d e r R e i n i g u n g d e r h i e s i g e n A b w ä s s e r zu machen, und das Tiefbauamt arbeitete ein Projekt für eine b i o l o g i s c h e V e r s u c h s k l ä r a n l a g e aus, das zur Ausführung genehmigt wurde. Die Projektbearbeitung erfolgte auf Grund des Ergebnisses der Studienreise einer städtischen Kommission unter Verwertung der Erfahrungen, die ge-

Digitized by Google

macht worden sind in der von Prof. Dr. Dunbar in Hamburg eingerichteten Versuchsanlage und in den unter der Leitung des Referenten des K. württ. Medizinalkollegiums, Medizinalrat Dr. Scheurlen erstellten und betriebenen Kläranlagen der Heilanstalt Winnental und der benachbarten Erholungsstation Wilhelmsheim.

Beschreibung der Kläranlage.

Als Bauplatz für die Kläranlage wurde ein Teil eines städtischen Grundstücks auf der unteren Prag in der Nähe der Markungsgrenze Stuttgart—Cannstatt bestimmt. Derselbe liegt unterhalb der von der Eisenbahnverwaltung an der Ludwigsburgerstrasse erstellten Bedienstetenwohnungen, die von etwa 1600 Personen bewohnt sind, in der Verlängerung der Mittnachtstrasse und nahe bei den dortigen Fäkaliensammelgruben der Latrineninspektion. (Siehe Tafel 1.)

In der Kläranlage soll Schmutzwasser geklärt werden von der Zusammensetzung, die dasselbe voraussichtlich haben wird, wenn in Stuttgart überall Wasserklosetts eingerichtet sein werden mit direktem Anschluss an die städtischen Kanäle, wenn also die Schwemmkanalisation vollständig durchgeführt sein wird.

Um derartiges Schmutzwasser zu erhalten, wird ein Teil des vom Lokomotivschuppen des Nordbahnhofs und den Eisenbahnbedienstetenwohnungen durch das dort angelegte Kanalnetz abgeführten Abwassers, welches noch keine Fäkalien enthält, der Kläranlage zugeleitet. Diesem Abwasser wird dann der zehnte Teil seiner Menge an Fäkalien aus Wasserklosetts zugeführt aus einer besonderen Grube von 20 cbm Inhalt, welche neben den Sammelgruben der Latrineninspektion angelegt ist.

Diese wässerigen Fäkalien werden aus denjenigen Wasserspülaborten beigeführt, welche keinen Anschluss an die Kanäle haben. Für die Fäkalien aus diesen Gruben findet die Latrineninspektion nicht immer Absatz, da dieselben wegen ihres grossen Wassergehalts zum Düngen wenig geeignet sind. Ihre Unterbringung war stets mit Schwierigkeiten verknüpft. Durch die Verwendung dieser Spülabortjauche zu den Klärversuchen wird daher zugleich der Zweck erreicht, die Jauche klaglos zu beseitigen. Mit Rücksicht auf diesen Nebenzweck ist die Grösse der Anlage bemessen worden.

Die Zuflussleitung des Schmutzwassers ist, soweit sie im Boden liegt, aus 15 cm weiten Steinzeugröhren hergestellt; auf der zur Gewinnung des für die Kläranlage erforderlichen Gefälls oberirdisch ge-

führten Strecke dagegen ist sie als geschlossene Holzrinne mit rechteckigem Querschnitt ausgeführt.

Die für den Zufluss der Fäkalien bestimmte Leitung ist eine Druckleitung aus 10 cm weiten gusseisernen Röhren mit einem Schieber bei ihrer Mündung in die Kläranlage, mit welchem von hier aus der Zufluss direkt dem Mischungsverhältnis entsprechend geregelt werden kann.

Beim Ausfluss des Wassers und der Fäkalien aus diesen beiden Leitungen ergiessen sich die Flüssigkeiten in zwei Messapparate, die als Kippgefässe ausgebildet sind und bei jeder Doppelkippung 20 l Wasser in die Kläranlage entleeren (vergl. Tafel 2). Die Zahl der Doppelkippungen wird durch je ein Zählwerk angezeigt. Die Ablesung am Zählwerk der Fäkalienleitung darf nie mehr als den zehnten Teil der Zahl betragen, welche das Zählwerk der Schmutzwasserzuleitung anzeigt. Die Messapparate sind von der hiesigen Wassermesserfabrik C. Andrä ausgeführt worden und haben sich gut bewährt.

Diese durch die lokalen Verhältnisse bedingte Anordnung der Zuleitung der verschiedenen Bestandteile des zu klärenden Schmutzwassers und deren Mischung hat zwar einige Nachteile für die Abwasseruntersuchungen im Gefolge, die weiter unten noch zu besprechen sein werden; sie lassen sich aber nicht vermeiden.

Den ersten Teil der eigentlichen Kläranlage (vergl. Tafel 3) bildet ein 3,5 m breiter, 14,6 m langer und im Mittel 1,20 m tiefer Sedimentierraum, der durch eine an der einen Schmalseite des Beckens unterbrochene Zwischen (-Zungen-) Wand der Länge nach in zwei gleiche Teile von 1,75 m Breite geteilt ist. Das Wasser ist auf diese Weise gezwungen, vom Einlauf aus die ganze Länge der einen Abteilung des Sedimentierraums bis an das freistehende Ende der Zwischenwand zu durchfliessen, um dann, diese umströmend, in der andern Abteilung wieder in entgegengesetzter Richtung nach dem Auslauf zum Sammelbecken zu gelangen. Dieser Raum fasst rund 60 cbm Abwasser.

Von der ersten Abteilung ist ein 6 m langer Teil beim Einlauf als Sandfang ausgebildet, den die eintretenden Schmutzwässer zu durchfliessen haben. Derselbe hat ein Sohlengefälle von 4 % und ist von einem Rechen mit 1,75 m Breite und 1,65 m Höhe begrenzt, dessen Stäbe aus Flacheisen mit Zwischenräumen von 15 mm angeordnet sind. Dieser Rechen soll etwaige grobe Schwimmstoffe zu-

rückhalten. Am Einlauf liegt die Sohle des Sandfangs 1,05 m, beim Rechen 1,29 m unter dem Wasserspiegel. Hinter dem Rechen ist eine doppelte Wand aus starken Brettern eingebaut, welche verhindern soll, dass die durch das Entleeren der Kippapparate hervorgerufene Wellenbewegung der Wasseroberfläche sich in das Sedimentierbecken fortpflanzt.

Hinter dieser Wand beginnt dann das eigentliche **Sedimentierbecken**, dessen Sohle dem Auslauf zu in einem Gefälle von 1 : 100 und 1,10—1,35 m unter dem Wasserspiegel liegt. Gegenüber der doppelten Bretterwand ist im zweiten Teil des Sedimentierbeckens noch eine einfache Tauchwand, ebenfalls aus starken Brettern, eingesetzt, unter welcher das an der Oberfläche erwärmte Wasser hindurchzufliessen gezwungen ist. Am Ende des Sedimentierraums ist ein Ueberfall und ein Grundablass (Schieber) angeordnet, durch welche das Wasser in das neben dem Sedimentierbecken befindliche Sammelbecken gelangt.

Während des Betriebs fliesst das Wasser aus dem Sedimentierbecken über den Ueberfall ab, so dass der Wasserspiegel konstant bleibt. Der Grundablass wird nur benutzt, wenn das Wasser aus dem Sedimentierbecken wegen Entfernung des Schlamms ganz abgelassen werden muss.

Vor dem Ueberfall und Grundablass ist eine Schwimmdiele vorgesehen, welche das Uebertreten schwimmender Körper in den Sammelraum zu verhindern hat.

Der zweite Teil der Kläranlage, das **Sammelbecken**, ist ebenfalls 14,6 m lang und hat eine Breite von 4,0 m. Die mittlere Tiefe beträgt 1,25 m und sein Inhalt bis zum Wasserspiegel 70 cbm. Dieser Sammelraum dient nur zur Aufspeicherung des Wassers, das zufliesst in der Zeit, während welcher die Filter nicht beschickt werden können. Die zufliessende Schmutzwassermenge beträgt bloss 2—5 secl; es wäre also eine sehr lange Füllzeit erforderlich, wenn man beim Füllen der Filter lediglich auf diesen Zufluss angewiesen wäre. Der Fassungsraum des Sammelbehälters reicht aus, um in den Pausen zwischen den einzelnen Füllungen jeweils soviel Wasser aufzuspeichern, als für die Füllung zweier Filter erforderlich ist. Die Füllung kann dann mit dem angesammelten Wasser in kürzester Zeit bewerkstelligt werden.

Die Menge des in jedes Filter bei einer Füllung abgelassenen Wassers wird durch Ablesung an einem über dem Sammelbecken an-

gebrachten Pegel angezeigt, auf welchem unmittelbar die Anzahl der Kubikmeter abgelesen werden kann.

An das Sammelbecken reiht sich der dritte Teil der Anlage an, die Oxydationsfilter. Es sind (vergl. Tafel 3) zwei Reihen mit je zwei Filtern vorhanden, von denen die oberen so hoch über den unteren liegen, dass erstere mit natürlichem Gefälle in die letzteren entleert werden können. Die vier Filter sind gleich gross; sie sind je 7 m lang und ebenso breit und haben eine mittlere Tiefe von 1,55 m. Der Inhalt der Koksschüttung beträgt je pro Filter rund 73 cbm. Die beiden oberen Filter sind zunächst mit Koks von 10—20 mm Korngrösse, die beiden unteren mit einer etwas feineren Sorte von 5 bis 10 mm Korngrösse gefüllt worden. Die Sohle der Filter hat nach den Schiebern zu Gefälle von allen Seiten her. Auf derselben liegt ein Netz von Drainröhren.

Die Verbindung des Sammelraums mit den Filtern sowie der Filter unter sich und mit dem Ablaufschacht ist durch gusseiserne Röhren von 15 cm Weite so bewerkstelligt, dass es möglich ist, vom Sammelraum aus die einzelnen Filter unabhängig von einander zu beschicken und ebenso jedes Filter nach dem Ablaufschacht unmittelbar zu entleeren, wenn der Versuch es erfordern sollte, dass aber auch das Wasser vom Sammelbecken aus ins obere und von da direkt ins untere Filter einer Reihe und dann erst in den Schacht abgelassen werden kann, wie es bei der Doppelfiltration geschieht.

Der Ablaufschacht befindet sich neben den unteren Filtern an der Ausmündung ihrer Abflussrohre gegenüber dem Ende der Zwischenwand der beiden Filterreihen. In diesem Schacht werden die Proben des gereinigten Abwassers entnommen. Dasselbe fliesst sodann durch eine 20 cm weite Rohrleitung in den Störzbachgraben und im weiteren Verlauf durch die K. Anlagen nach dem Nesenbach.

Die Baukosten der Anlage belaufen sich auf 21000 M. Davon fallen auf Grab- und Betonarbeiten rund 8200 M. und auf die Koksfüllung rund 4300 M. Von der gröberen Kokssorte kostete 1 cbm (etwa 9,7 Ztr.) 9,70 M., von der feineren 1 cbm (etwa 10,7 Ztr.) 16 M. ab Gasfabrik. Die später in Filter I in der Korngrösse von 20–60 mm nebst feinerer Deckschicht eingebrachte Steinkohlenschlacke hat einschliesslich Brechen und Sortieren pro cbm 4,20 M. gekostet, ohne Transportkosten, ein Preis, der sich aber wohl bei sehr grosser Nachfrage erhöhen wird. 60 cbm Rohschlacke gaben 47 cbm Filtermaterial. Der in Filter III gegenwärtig als Filter-

Digitized by Google

material dienende Flusskies in der gleichen Korngrösse wie die Schlacke musste mit 3—5 M. pro cbm frei Abgangstation bezahlt werden. Bis auf den Nordbahnhof Stuttgart kamen dann noch 2,2—2,6 M. Fracht pro cbm hinzu, die Beifuhrkosten nicht eingerechnet.

Betrieb der Kläranlage.

Der Betrieb untersteht dem Vorstand des Tiefbauamts, Stadtbaurat Zobel und wird unter dessen Oberaufsicht durch Regierungsbaumeister Schury geleitet, welcher auch die Verarbeitung sowie die zeichnerische und zahlenmässige Darstellung der Ergebnisse der chemischen Untersuchungen im Benehmen mit dem Vorstand des städtischen chemischen Laboratoriums, Dr. Bujard, besorgt. Die chemischen und mikroskopischen Untersuchungen sowohl des Abwassers als des Schlamms werden von letzterem und die bakteriologischen Untersuchungen sowie die Versuche mit Neckarfischen vom I. Stadtarzt Dr. Gastpar ausgeführt. Zur Bedienung der Kläranlage ist ständig ein Wärter auf derselben anwesend, der über den Betrieb genaue Aufzeichnungen zu machen hat. Die Zeit des Füllens und Leerens der Filter sowie die Ablesungen an den Messapparaten und am Pegel werden von ihm in Tagesrapporte eingetragen und in denselben die täglich geklärte Wassermenge und die Aufnahmefähigkeit der Filter ausgerechnet. Den Befund der regelmässig bei jeder Füllung und Leerung vom Wärter zu nehmenden Wasserproben hinsichtlich des Geruchs, der Durchsichtigkeit und der Farbe des Wassers sowie während der kälteren Jahreszeit auch über die Luft- und Wassertemperatur, schreibt er in besondere Wasserrapporte ein. Ausserdem zeichnet er neuerdings auch die Aufnahmefähigkeit der Filter, die Durchsichtigkeit des Wassers und die bei den chemischen Untersuchungen gefundenen Zahlen auf Millimeterpapier auf, so dass man jederzeit genau über die Wirkung der Anlage unterrichtet ist.

Der Betrieb der Kläranlage wurde Ende April 1902 begonnen und ein ganzes Jahr hindurch ohne Unterbrechung fortgesetzt. Von Ende April 1903 ab bis Mitte Juni wurde der Betrieb unterbrochen. Während dieser Zeit wurden Sedimentier- und Sammelbecken gereinigt, die Filter gewaschen und einige Aenderungen für die Versuche des zweiten Betriebsjahres vorgenommen. Am 15. Juni 1903 wurde dann der Betrieb wieder aufgenommen und bis jetzt ohne Unter-

Digitized by Google

brechung fortgesetzt. Der vorliegende Bericht umfasst aber nur die Zeit bis Anfang November 1903.

Sandfang und Sedimentierbecken waren urspünglich nur zur mechanischen Vorklärung des Abwassers bestimmt. Beide Teile der Anlage entwickelten sich aber bald zu einem **Faulraum**. Auch das Sammelbecken wirkte später als Faulraum, da in demselben das Wasser stets einige Zeit stehen bleiben musste bis zur Beschickung der Filter, und weil es selten ganz leer wurde. Zu Beginn des Betriebs der Versuchskläranlage war der Inhalt des Faulraums (Sedimentierbecken einschliesslich Sandfang) gleich dem dritten Teil, später bei kleinerem Fassungsvermögen der Filter gleich der Hälfte der täglich geklärten Abwassermenge. In dieser letzteren Zeit wurde der Zufluss zur Kläranlage bei Nacht unterbrochen, weil die Filter nicht mehr die ganze zufliessende Wassermenge zu klären vermochten. Das Wasser stand also die ganze Nacht ruhig im Faulraum. Hierzu kam dann noch der Aufenthalt im Sammelraum, der für das unmittelbar nach dem Filterfüllen zugeflossene Wasser bis zu 5 Stunden betragen hat. Ausserdem blieb das Wasser Sonntags in den Becken stehen, da an diesem Tag der Betrieb ruhte. Dies begünstigte den Faulprozess ebenso, wie wohl auch der Umstand, dass die aus den Wasserspülabortgruben beigeführten Fäkalien nicht mehr frisch, sondern infolge 2—3 wöchentlicher Lagerung in den Abortgruben bereits vorgefault waren. Je nach der zufliessenden Wassermenge betrug beim Durchfluss des Wassers durch den Faulraum die Geschwindigkeit bei vollem Durchflussquerschnitt $\frac{0{,}002 \text{ bis } 0{,}005}{1{,}75 \times 1{,}2}$ = rund 1—2,4 mm in der Sekunde, und der Aufenthalt im Faulraum ergab sich bei einer Länge des letzteren von $2 \times 14{,}6 = 29{,}2$ m zu rund $3^1/_2$—8 Stunden, ohne die Zeit des Stehens während der Unterbrechung des Wasserzuflusses.

Auf dem Wasserspiegel des Faulraums hat sich eine zusammenhängende Schwimmdecke aus Schlamm gebildet, unter der sich Gase ansammelten, die beim Durchstechen der Decke entwichen sind und sich als brennbar herausstellten. Diese Schwimmdecke erreichte zeitweise eine Stärke von mehr als 10 cm. Vom Beginn des Monats Oktober des Jahres 1902 ab fing die Schlammdecke des Faulraums an sich aufzulösen, und zwar von der Schwimmdiele nach dem Rechen zu fortschreitend. Die Schwimmdecke im Sandfang blieb, wenn auch in verminderter Stärke, bestehen. Gegen Ende Januar des Jahres 1903

Digitized by Google

zeigten sich wieder die ersten Anfänge zur Bildung einer neuen Schwimmdecke, die dann bis nach Verfluss des ersten Betriebsjahrs wieder ziemlich dicht geworden war. Während der Zeit der Auflösung der Schwimmdecke, etwa bis Ende November, war manchmal über dem Faulraum, regelmässig aber beim Füllen der oberen Filter ein starker Fäkaliengeruch wahrzunehmen. Später trat dieser Geruch über dem Faulraum nicht mehr auf, und beim Füllen der oberen Filter verbreitete er sich nur noch in dem Masse, wie er auch den Sommer über regelmässig beobachtet worden ist. Der Betrieb als Faulraum wurde für Sandfang und Sedimentierraum das ganze erste Betriebsjahr hindurch aufrecht erhalten.

Der Betrieb der Filter war dagegen nicht während des ganzen Jahres der gleiche. Die nachstehende Zusammenstellung gibt einen Ueberblick über die verschiedenen Anordnungen des Betriebs.

Als erster Versuch wurde in beiden Filterreihen der intermittierende Betrieb mit Doppelfiltration eingerichtet. Mit dem Wasser aus dem Sammelbecken wurden zunächst die mit gröberem Material gefüllten beiden oberen Filter I und III beschickt. In diesen blieb das Wasser 2 Stunden stehen und wurde dann in die tieferliegenden unteren, aus feinerem Material bestehenden Filter II und IV abgelassen, wo es nochmals 2 Stunden stehen blieb. Die Füllung der Filter erfolgte dreimal täglich. Nach Ablassen des Wassers der ersten und zweiten Füllung aus den Filtern blieben diese je zwei Stunden, nach Ablassen des Wassers der dritten Füllung die Nacht über (etwa 12 Stunden) leer stehen. Ebenso blieben die Filter am Sonntag ausser Betrieb.

Diese Betriebsweise wurde für die zweite Filterreihe (Filter III und IV) durch das ganze erste Betriebsjahr hindurch unverändert beibehalten. In der ersten Filterreihe (Filter I und II) dagegen wurde nach Verfluss des ersten halben Betriebsjahrs ein zweiter und nach weiteren $3^1/_2$ Monaten ein dritter Versuch ausgeführt.

Beim zweiten Versuch wurde das Wasser aus Filter I und II schon nach je 1stündigem Aufenthalt abgelassen. Diese beiden Filter blieben dann nach den beiden ersten Füllungen je 3 Stunden und nach der dritten Füllung wieder die Nacht über leer stehen.

Der dritte Versuch galt der Beobachtung des kontinuierlichen Betriebs. Zu diesem Zweck wurde in Filter I ein Berieseler nach Art der englischen „Sprinkler“ aufgestellt, der das Wasser über die Filteroberfläche gleichmässig verteilt, so dass es in schwachem Strom

Digitized by Google

Uebersicht über die Anordnung des Betriebs der Filter der Versuchskläranlage im 1. Betriebsjahr (Vorreinigung des Abwassers im Faulraum).

No. des Versuchs	Zeitraum	Erste Filterreihe				Zweite Filterreihe				Bemerkungen
		Filter I		Filter II		Filter III		Filter IV		
		Betriebsweise	Filtermat. u. Korngr.	Betriebsweise	Filtermat. u. Korngr.	Betriebsweise	Filtermat. u. Korngr.	Betriebsweise	Filtermat. u. Korngr.	
1. Versuch	1—6 Monat. 21. April bis 21. Oktob. 1902	Intermittierend 2 Std. Voll-, 2 Std. Leerstehen, Füllung 3 mal tägl. Nachts u. Sonntags Ruhe.	Koks 10—20 mm	Wie bei Filter I	Koks 5—10 mm	Wie bei der ersten Filterreihe				
2. Versuch	6—9½ Monat. 21. Oktober 1902 bis 7. Febr. 1903	Intermittierend 1 Std. Voll-, 3 Std. Leerstehen, Füllung 3 mal tägl. Nachts u. Sonntags Ruhe.	Koks 10—20 mm	Wie bei Filter I	Koks 5—10 mm	Wie beim 1. Versuch.				
3. Versuch	9½ bis 12 Monat 7. Febr. bis 18. April 1903	Kontinuierlich Wasserverteilung durch d. Rieseler, zuerst 6 Wochen lang mit Unterbrechungen, dann 1 Woche mit 9 bis 12 Std. ununterbrochen dauerndem Wasserzufluss, und in den letzten 3 Wochen wieder zeitweise Unterbrechung der Tätigkeit d. Rieselers. Nachts und Sonntags Ruhe.	Koks 10—20 mm	Die ersten 6 Wochen noch intermittierend entsprechend dem unterbrochenen Betrieb des Rieselers in Filter I. (2½ Std. Füllzeit, 1 Std. Voll- u. 1 Std. Leerstehen. Die letzten 4 Wochen kontinuierlich, wie Filter I. Wasserverteilung nur durch 3 Holzrinnen.	Koks 5—10 mm	Wie beim 1. Versuch.				

fortwährend durch den Filterkörper hindurchrieselt. Der Rieseler wurde in einfachster Weise als offene Rinne ausgeführt, unter Verwendung vorhandener Formstücke von Wasserleitungsrohren für die Zuleitung, wie aus Tafel 4 ersichtlich ist. Man hat sich für eine offene Rinne entschieden, um bei etwaigen Verstopfungen die kleinen Ausflussöffnungen leichter reinigen zu können, und weil man nicht immer auf das Vorhandensein der für einen Rieseler mit geschlossenen Rohren erforderlichen Druckhöhe im Sammelbecken rechnen konnte. Das Filtermaterial (Koks von 10—20 mm Korngrösse) wurde in dem Zustand in Filter I belassen, in welchem es sich vom ersten und zweiten Versuch her daselbst befand. Mit dem aus Filter I abfliessenden Wasser wurde in der ersten Zeit des dritten Versuchs Filter II gefüllt. Wenn es voll war, wurde jedesmal der Rieseler ausser Betrieb gesetzt. Das Füllen, also auch die Tätigkeit des Rieselers, dauerte etwa $2^1/_2$ Stunden. Das Wasser blieb dann noch etwa 1 Stunde in Filter II stehen. Nach Ablassen des Wassers blieb dann Filter II 1 Stunde leer; dann, also nach $2^1/_2$stündiger Unterbrechung, begann die Tätigkeit des Rieselers wieder. Dieser war so dreimal täglich im Betrieb. In der Zwischenzeit und während der Nacht wurde die erste Filterreihe nicht beschickt. Später liess man dann das aus Filter I abfliessende Wasser ebenfalls ununterbrochen durch Filter II hindurchfliessen. Die Verteilung erfolgte allerdings nur mittels der von den beiden ersten Versuchen her vorhandenen 3 Verteilungsrinnen aus Holz. Der Rieseler wurde nun eine Zeit lang, täglich 9—12 Stunden, ohne Unterbrechung im Betrieb gehalten. Bald zeigte es sich aber, dass auf diese Weise das Filter überlastet wurde; die Abflüsse zeigten Geruch, und es musste wieder zum unterbrochenen Rieselbetrieb zurückgekehrt werden. Dieser dritte Versuch wurde bis zum Schluss des ersten Betriebsjahrs ausgedehnt.

Mit Beginn des zweiten Betriebsjahrs wurden Sandfang und Sedimentierraum nur noch zur rein mechanischen Vorreinigung des Abwassers verwendet. Während der Betriebsunterbrechung sind sie zu diesem Zweck etwas kleiner angelegt worden, entsprechend den Grössenverhältnissen der mechanischen Klärbeckenanlagen. Durch eine kleine Veränderung an der Versuchskläranlage konnte die Einrichtung so getroffen werden, dass sie sich, wie Tafel 5 zeigt, einfach in das vorhandene Klärbecken einfügt.

Sandfang mit Sedimentierraum ist jetzt nur noch $2 \times 6 = 12$ m lang. Der mittlere Durchflussquerschnitt ist dagegen noch der gleiche

wie beim früheren Faulraum. Die Durchflussgeschwindigkeit ist also auch bei der mechanischen Vorreinigung 1—2,4 mm in der Sekunde. Dies ist zwar für eine mechanische Kläranlage etwas wenig, aber bei einem Zufluss von nur 2—5 Sekundenlitern hätte zur Erreichung einer grösseren Geschwindigkeit ein kleiner, und daher für die Schlammbeseitigung ungünstiger Querschnitt gewählt werden müssen bei entsprechend grösserer Beckenlänge. Man begnügte sich daher unter den vorliegenden Umständen, die Gesamtdauer des Aufenthalts des Wassers im Sedimentierbecken richtig zu bemessen. Dieselbe beträgt rund $1^1/_2$—$3^1/_2$ Stunden. Bei dem 50 m langen Versuchsbecken in Hannover ist die Durchflusszeit auch nur $1^3/_4$—$3^1/_2$ Stunden gewesen, und in der Kläranlage in Kassel beträgt sie 1—5 Stunden (Vierteljahrschrift für gerichtl. Medizin und öffentl. Sanitätswesen. 1900. Supplementheft. S. 161 und 140).

Da der Gesamtaufenthalt des Wassers im Becken, wie neuerdings die Kölner Versuche (Techn. Gem.-Bl. 1903. No. 10 und Gesundheit. 1903. No. 17; Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt etc. Heft 4. 1904. S. 48) ergeben haben, doch den wesentlichsten Einfluss auf die Ausscheidung der suspendierten Stoffe ausübt und schon nach etwa 3stündigem Aufenthalt des Wassers im Klärbecken rund 70 % der organischen suspendierten Stoffe sich niederschlagen, so wird wohl das beim hiesigen Sedimentierbecken vorhandene, sonst nicht übliche Verhältnis des Querschnitts zur Länge die Wirkung nicht nachteilig beeinflussen, und die Dauer des Aufenthalts dürfte genügend gross bemessen sein.

Auf Grund der lediglich mechanischen Vorreinigung des Abwassers statt der früheren Vorbehandlung desselben im Faulraum wurde nun im zweiten Betriebsjahr mit der Ausführung weiterer, aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlicher Filtrationsversuche begonnen.

Der vierte Versuch sollte zunächst über das Verhalten von gewaschenem Koks als Filtermaterial im intermittierenden Betrieb Aufschluss geben; er wurde in Filter III und IV ausgeführt. Diese beiden Filter wurden daher wieder mit gewaschenem Koks gefüllt von derselben Korngrösse, wie im ersten Betriebsjahr, und ebenso derselben Betriebsweise wieder unterworfen wie vor dem Waschen. Dieser vierte Versuch dauerte bis Ende August.

Gleichzeitig mit diesem in der zweiten Filterreihe ausgeführten vierten Versuch wurde mit Beginn des zweiten Betriebsjahrs die erste Filterreihe für einen fünften Versuch eingerichtet, und zwar wieder

Uebersicht über die Anordnung des Betriebs der Filter der Versuchskläranlage im ersten Drittel des 2. Betriebsjahrs (mechanische Vorreinigung des Abwassers).

No. des Versuchs	Zeitraum	Erste Filterreihe				Zweite Filterreihe				Bemerkungen
		Filter I		Filter II		Filter III		Filter IV		
		Betriebsweise	Filtermat. u. Korngr.	Betriebsweise	Filtermat. u. Korngr.	Betriebsweise	Filtermat. u. Korngr.	Betriebsweise	Filtermat. u. Korngr.	
4. Versuch (nur in der zweiten Filterreihe) und 5. Versuch (nur in der ersten Filterreihe)	15. Juni bis 1. September 1903	Kontinuierlich Wasserverteilung durch d. Rieseler bei tägl. 14stündig ununterbrochener Betriebszeit. Nachts und Sonntags Ruhe	Steinkohlenschlacke, unterste, 1,25 m starke Schicht von 20-60 mm Korngr. Darüber 15 cm von 10 bis 20 mm Korngr. u. als Deckschicht 15 cm von 5 bis 10 mm Korngrösse	Kontinuierlich wie bei Filter I. Wasserverteilung durch Furchen, die in den Koks eingegraben und mit feinem Koks ausgelegt sind	Gewasch. Koks, 5—10 mm Korngr.	Intermittierend 2 Stund. Voll- u. 2 Std. Leerstehen. Füllung 3mal täglich. Nachts und Sonntags Ruhe.	Gewasch. Koks, 10—20mm Korngr.	Wie bei Filter III	Gewasch. Koks, 5—10 mm	Während dieser beid. Versuche wurde 14 Tage lang, vom 23. Juli bis 5. Aug. nur Kanalwasser ohne Fäkalien geklärt
6. Versuch (nur in Filter IV)	1. September bis 7. November 1903	Wie bisher beim 4. Versuch				Ausser Betrieb		FilterIV wurde als erstes (oberes) Filter betrieben und zwar intermittierend, 2 Std. Voll- u. 2 Std. Leerstehen. 3malige Füllung täglich. Nachts und Sonntags Ruhe	Dasselbe Filtermaterial, das bei Versuch 5 auch in Filter IV eingebracht war	

Digitized by Google

mit dem kontinuierlichen Betrieb. Die Verteilung des Wassers erfolgte im oberen Filter wieder mit dem Berieseler. Filter I wurde aber diesmal mit einer 1,25 m hohen Schicht Steinkohlenschlacke in der Korngrösse von etwa 20 mm bis zu halber Faustgrösse gefüllt. Darüber wurde eine 15 cm starke Schicht Schlacke von 10—20 mm, und als Deckschicht solche von 5—10 mm Korngrösse aufgebracht. Filter II erhielt als Filtermaterial den gewaschenen Koks von 5 bis 10 mm Korngrösse. Die Verteilung des Wassers erfolgte hier nach dem Vorgang von Dunbar mittelst Furchen in der Koksoberfläche, die mit sehr feinem Koks ausgelegt waren. Diese Rinnen waren alle zuerst strahlenförmig vom Einlaufrohr aus über die Filteroberfläche gezogen. Bei dieser Anordnung wurde aber die Filterfläche in der Umgebung des Wassereinlaufs, auf der sich alle Rinnen vereinigten, ganz vom Wasser überflutet. Man legte deshalb später quer vor das Einlaufrohr eine über die ganze Breite des Filters reichende Rinne aus verzinktem Eisenblech, die mit kleinen Oeffnungen versehen war, aus denen das Wasser in die Verteilungsfurchen abfliessen konnte. Diese sind nunmehr senkrecht zur Querrinne und parallel zur Längsrichtung der Filter gezogen, so dass die Filteroberfläche in etwa 40 cm breite gleiche Streifen zerlegt wird. Der Zufluss aus der Blechrinne kann durch einfache kleine Blechschieber geregelt werden. Auf diese Weise ist eine gleichmässigere Verteilung des Wassers erzielt worden. Dieser fünfte Versuch ist bis jetzt ununterbrochen fortgesetzt worden. Es soll dadurch die Wirkung von frischem und zugleich von billigerem Filtermaterial (im oberen Filter) und von gewaschenem Koks (im unteren Filter) gegenüber dem kontinuierlichen Betrieb mit verschlammtem Filtermaterial am Ende des ersten Betriebsjahrs festgestellt werden. Die Beschickung der Filter I und II erfolgt täglich, ausgenommen Sonntags, 14 Stunden lang ohne Unterbrechung.

Während der Ausführung des vierten und fünften Versuchs wurde einmal in beiden Filterreihen 14 Tage lang nur Kanalwasser ohne Fäkalien geklärt. Man wollte dadurch feststellen, bis zu welchem Grad weniger verunreinigtes Wasser gereinigt werden muss, wie es etwa in der ersten Zeit nach Errichtung einer grossen Kläranlage dieser zufliessen wird, so lange noch wenige Aborte an das Kanalnetz angeschlossen sein werden.

Als sechster Versuch wurde in den Monaten September und Oktober, in welcher Zeit Filter III ausser Betrieb gesetzt war, Ab-

wasser in Filter IV durch einfache Filtration gereinigt. Aus Filter III wurde der Koks entfernt und durch Neckarkies ersetzt, der eine Korngrösse von 20—60 mm besitzt. Es konnte daher in der zweiten Filterreihe nicht mit doppelter Filtration geklärt werden, und man benutzte die Gelegenheit, das Verhalten des feineren Filtermaterials (Koks) in Filter IV bei Verwendung dieses Filters als erstes Filter kennen zu lernen.

Die Verwendung von verschiedenartigen Filtermaterialien für die hiesigen Versuche kommt hauptsächlich für die oberen Filter in Frage, weil die seitherigen Versuchsergebnisse gezeigt haben, dass die Klärung der Abwässer mittels einfacher Filtration schon ziemlich weitgehend ist, so dass die unteren Filter wahrscheinlich entbehrt werden können, wenn sich sonst das biologische Abwasserreinigungsverfahren für Stuttgart als zur Ausführung im Grossen geeignet erweist. Das Filtermaterial der unteren Filter wird daher zunächst nicht ausgewechselt werden. Es soll womöglich festgestellt werden, wie lange seine Benutzung in Oxydationsfiltern möglich ist.

Menge des geklärten Wassers.

Seit Inbetriebnahme der Kläranlage sind bei den verschiedenen Versuchen an Abwasser und Fäkalien geklärt worden:

Im 1. Betriebsjahr:		
1. Versuch 21. 4. bis 21. 10. 02	21 500 cbm Abw. mit	1890 cbm Fäk.
2. „ 21. 10. 02 bis 7. 2. 03	8 500 „ „ „	745 „ „
3. „ 7. 2. 03 bis 20. 4. 03	6 500 „ „ „	565 „ „
Zusammen im 1. Betriebsjahr .	36 500 cbm Abw. mit	3200 cbm Fäk.
Im 2. Betriebsjahr:		
4. u. 5. Versuch 15. Juni bis Anfang September 03 . .	10430 cbm Abw. mit	710 cbm Fäk.
6. Versuch Anfang September bis 7. November 03 . . .	10370 „ „ „	765 „ „
Zusammen im ersten Drittel des 2. Betriebsjahrs	20800 „ „ „	1475 „ „
Gesamtmenge	57 300 „ „ „	4675 „ „

Es sind also beim Betrieb der Kläranlage bereits gegen 4000 Fässer wässerige Fäkalien der Latrineninspektion klaglos beseitigt worden.

Aufnahmefähigkeit und sonstiges Verhalten des Filtermaterials.

Die Aufnahmefähigkeit des Filtermaterials während des ersten Betriebsjahrs ist in Tafel 6 zeichnerisch dargestellt.

In der ersten Betriebswoche konnten die Filter in 1 cbm Filtermaterial im Mittel 425 l Wasser aufnehmen, so dass in der Anlage über 180 cbm Abwasser täglich geklärt werden konnten. Das Fassungsvermögen nahm aber fortwährend und zwar ganz gleichmässig ab. Bis zur 11. Betriebswoche war zeitweise die Aufnahmefähigkeit der oberen Filter grösser als die der unteren; mitunter war sie auch in beiden Filtern gleich gross. Nach 11 wöchentlichem Betrieb war die Filteroberfläche hart geworden, so dass das aus den Rinnen zufliessende Wasser nur ganz langsam in die Koksschüttung eindringen konnte. Es überflutete in der Regel den grössten Teil der Filteroberfläche, bis es einzelne Stellen fand, an denen es in die Tiefe zu gelangen vermochte. Die obere Koksschicht aller 4 Filter musste daher auf eine Tiefe von 0,6–1,0 m durch Umgraben mit der Schaufel aufgelockert werden. Durch das Auflockern wurde die Aufnahmefähigkeit etwas erhöht, sie sank aber nach einigen Tagen wieder auf die vorherige Grösse herunter. Das Einfliessen des Wassers in die Koksschüttung ging nunmehr wieder ohne Anstand vor sich.

Vom Zeitpunkt dieser Umarbeitung an hätten die unteren Filter mit ihrem feineren Material stets mehr Wasser aufnehmen können als die oberen. Die von Zeit zu Zeit bestimmte Aufnahmefähigkeit der unteren Filter (berechnet aus dem Stand des Wassers unter der Koksoberfläche) ist in Tafel 6 punktiert dargestellt. Das Fassungsvermögen der oberen Filter sank immer mehr, bis es nach $9^1/_2$ monatlichem Betrieb nur noch 190 l im cbm betrug, so dass täglich bloss 84 cbm Abwasser geklärt werden konnten. In der letzten Zeit (während des zweiten Versuchs) schien Filter III in seiner Aufnahmefähigkeit etwas rascher abzunehmen als Filter I. Man liess die Aufnahmefähigkeit soweit abnehmen, um zu sehen, ob sie nicht schliesslich zum Stillstand kommen werde. Nach dem Verlauf der in der Zeichnung dargestellten Linie zu schliessen, wird man aber darauf nicht rechnen können. Nach diesem $9^1/_2$ monatlichen Betrieb war das Filtermaterial wieder fest geworden. Es wurde nun versucht, die Aufnahmefähigkeit der Filter durch Umschaufeln des Filterkörpers wieder zu erhöhen. Das Auflockern in Filter I hätte ohnehin erfolgen müssen, da in diesem der Rieseler zur Aufstellung ge-

langte und der feste Filterkörper dem gleichmässigen Hindurchrieseln des Wassers hinderlich gewesen wäre. Es zeigte sich dabei, dass jetzt diese Filterkörper auf ihre ganze Tiefe aufgelockert werden mussten, weil die inzwischen ziemlich verschlammten Kokskörner so aneinander hafteten, dass selbst bei senkrechtem Abgraben des Filtermaterials dieses nicht einrutschte. Beim Umarbeiten entstiegen dem Filter an manchen Stellen übelriechende Gase, die den Arbeitern Kopfweh verursachten. Am verschlammten Koks selbst war sonst kein besonders auffallender Geruch wahrzunehmen. Durch das Auflockern der oberen Filter entstand bei diesen eine Vergrösserung des Filterinhalts um etwa 5 cbm pro Filter (die Koksoberfläche lag nachher etwa 10 cm höher als vor der Umarbeitung); dadurch musste sich auch das Fassungsvermögen eines Filters um etwa 1—2 cbm oder um 30 l für jedes cbm Filtermaterial steigern. Die Aufnahmefähigkeit stieg aber nicht bloss um diesen Betrag, sie erhöhte sich vielmehr von 190 l auf 280 l im cbm und sank während des nun noch folgenden $2^1/_2$ monatlichen Betriebs in Filter III nicht mehr unter 240 l im cbm, trotzdem der Filterkörper schon nach 8—10 Tagen wieder auf seinen früheren Inhalt zurückgegangen war.

Während der Umarbeitung der oberen Filter, die einige Tage dauerte, wurden die unteren vom Sammelbecken aus unmittelbar beschickt. Die auf diese Weise bestimmte Aufnahmefähigkeit der unteren Filter hat mit der bis dahin berechneten übereingestimmt; dass sie sich aber in dieser Höhe gehalten hätte, wenn die Filter stets ganz mit Wasser gefüllt worden wären, ist nach weiter unten mitzuteilenden Beobachtungen des 2. Betriebsjahrs nicht anzunehmen. Das Umarbeiten wurde bei den unteren Filtern unterlassen, da sie noch eine Aufnahmefähigkeit von 350 l im cbm besassen.

Der bei den hiesigen Versuchen durch direkte tägliche Messungen gefundene Verlauf der Abnahme des Fassungsvermögens des Filtermaterials stimmt mit der bei den Versuchen in Frankfurt a. M. aus einigen Messungen für die Verminderung der Aufnahmefähigkeit berechneten Kurve nicht überein (vergl. Deutsche Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege. 1902. S. 301 und 303).

Am Fuss unserer zeichnerischen Darstellung über die Aufnahmefähigkeit (Tafel 6) sind die Zahlen angegeben über die geklärte Wassermenge, die Filterfüllungen, die erforderliche Koksmenge und Filterfläche sowie die Zahl der Einwohner, für welche die Anlage unter Annahme von 150 l Wasserverbrauch auf den Kopf und Tag

jeweils ausgereicht hätte. Die Zahlen sind allerdings so berechnet, wie wenn bei der Doppelfiltration der ganze Inhalt der zweiten Filter voll in Anspruch genommen gewesen wäre.

Die beim kontinuierlichen Betrieb durch den Rieseler in Filter I zu klärende Wassermenge ist annähernd gleich derjenigen bemessen worden, welche man während des 3. Versuchs in Filter III beim intermittierenden Betrieb zu klären vermochte, also durchschnittlich 57 cbm täglich. Mit dieser Wassermenge konnte der Rieseler gerade noch in Bewegung gehalten werden. Es ist aber zu berücksichtigen, dass beim Rieseler das in den Ecken des quadratischen Filterkörpers liegende Material nicht in Anspruch genommen wird. Es sind dies etwa 10 cbm Filtermaterial. Es kommt also in Filter I auf das cbm wirksamen Filterinhalts etwas mehr Wasser als beim Filter III.

Die Koksoberfläche in Filter I wurde, nachdem der Rieseler ungefähr 14 Tage im Betrieb war, etwas undurchlässig und musste von da ab von Zeit zu Zeit auf 10—20 cm Tiefe aufgelockert werden, damit sich keine Wasseransammlungen bildeten. Der Rieseler funktionierte ganz gut. Bei stärkeren Winden musste allerdings reichliche Wasserzuleitung erfolgen, wenn er ununterbrochen in Betrieb gehalten werden sollte. Auch verbreitete sich bei dieser Art der Wasserverteilung, namentlich bei schwüler Witterung, ein deutlich wahrnehmbarer unangenehmer Geruch. Die Wasserverteilung mit dem Rieseler ist aber die einfachste und gleichmässigste von allen bisher hier versuchten Verteilungsarten.

Die Wassermenge, die beim fünften Versuch nach Einfüllung von Schlacke in Filter I durch dasselbe hindurchgeschickt wurde, betrug während der 14stündigen Tätigkeit des Rieselers täglich bis zu 80 cbm. Die hierbei auf das cbm Filtermaterial entfallende, im kontinuierlichen Betrieb geklärte Wassermenge entsprach jetzt der in Filter III mit der gleichen Koksmenge im intermittierenden Betrieb gereinigten, da der gewaschene Koks dieses Filters wieder bis zu 90 cbm Abwasser täglich aufzunehmen vermochte. Die Resultate des in Filter III ausgeführten vierten und des in Filter I ausgeführten fünften Versuchs können daher ohne weiteres verglichen werden. Die Schlacke verhielt sich hinsichtlich der Notwendigkeit der Auflockerung ebenso, wie vorher der Koks.

Die in Filter II zur Wasserverteilung für den kontinuierlichen Betrieb eingerichteten Koksrinnen mussten öfters aufgelockert werden, damit das Wasser ungehindert durchfliessen konnte. Nach einiger Zeit

bildeten sich in den Rinnen Wucherungen von Fadenalgen und Ablagerungen von feinem Schlamm, der aus Filter I ausgewaschen wurde. Derselbe bestand aus Kohlen- und Schlackenteilchen, pflanzlichen Fasern, verschiedenen ein- und mehrzelligen tierischen Organismen. Infusorien und Rhizopoden. Dieser Schlamm verstopfte allmählich das feine Material, mit dem die Furchen in Filter II ausgelegt waren, so dass sie das Wasser nicht mehr oder nur sehr spärlich durchliessen. Die Rinnen mussten deshalb schon mehrmals mit frischem Material ausgelegt werden.

Der gewaschene Koks, der in Filter III und IV während des in diesen Filtern ausgeführten 4. Versuchs nochmals dem intermittierenden Betrieb unterworfen wurde, verhielt sich ähnlich wie seinerzeit der frische Koks. Die Aufnahmefähigkeit ist in Tafel 7 dargestellt. Sie betrug im oberen Filter zu Beginn des Betriebs wieder 424 l im cbm, nahm aber etwas langsamer ab als beim frischen Material. Nach $2^1/_2$ monatlichem Betrieb betrug die Aufnahmefähigkeit noch gegen 370 l, während sie nach dem gleichen Zeitraum des Vorjahrs nur noch den Betrag von 350 l im cbm Filtermaterial erreicht hat. Filter IV hätte stets etwa 25—30 l mehr Wasser im cbm Filtermaterial aufnehmen können als Filter III. Eine Auflockerung des Filtermaterials der zweiten Reihe ist während dieser Betriebszeit nicht erforderlich geworden.

Als zu Anfang September dieses Jahres aus Filter III der Koks entfernt wurde, konnte man an dem noch wenig verschlammten Filtermaterial einen deutlichen, erdig-moderigen Geruch wahrnehmen. Beim Umarbeiten der Filter im 1. Betriebsjahr während der Abwasservorreinigung durch den Faulraum ist ein derartiger Geruch nicht beobachtet worden. Auch einzelne Gasausströmungen machten sich wieder bemerkbar. Derselbe erdig-moderige Geruch verbreitete sich auch beim Umändern der Verteilungsrinnen in Filter II.

Die Aufnahmefähigkeit des Filters IV betrug zu Beginn des in diesem vorgenommenen 6. Versuchs 400 l im cbm, sank aber innerhalb der zwei Monate, während welcher die Benutzung als erstes Filter dauerte, bis auf 300 l im cbm, also rascher als diejenige der oberen Filter, und zwar erst in der letzten Hälfte des Oktober um 50 l im cbm. Es zeigte sich auch auf der Oberfläche des Filters eine starke Verschlammung, wie sie beim gröberen Material der oberen Filter im ersten Betriebsjahr erst nach längerer Betriebszeit beobachtet worden ist. Auch die Filteroberfläche von Filter IV ist zum

Teil hart geworden, so dass man sie hätte auflockern müssen, wenn man das Filter nicht ohnehin jetzt für den kontinuierlichen Betrieb eingerichtet hätte, der seit Wiederinbetriebnahme von Filter III jetzt auch mit der zweiten Filterreihe ausgeführt wird.

Chemische Untersuchungen.

Zur Feststellung der Wirkung der Kläranlage sind vom städt. chem. Laboratorium eine Anzahl eingehendere Untersuchungen ausgeführt worden, bei denen insbesondere die gesamten, sowie die organischen und mineralischen suspendierten Stoffe, die gelösten Stoffe (Abdampf- und Glührückstand nebst Glühverlust) und der Permanganatverbrauch der Abwasserproben bestimmt und diese auf Salpeter- und Salpetrigesäurestickstoff geprüft wurden. Ausser diesen eingehenderen Untersuchungen hat das chemische Laboratorium noch zahlreiche einfachere Untersuchungen vorgenommen, bei denen nur der Permanganatverbrauch bestimmt wurde. Ferner wurden zahlreiche Proben auf Nachfaulen durch Einstellen in den Brutschrank und Beobachtung des nach einiger Zeit auftretenden Geruchs geprüft.

Untersuchungsmethoden.

Die Bestimmung der gesamten sowie der organischen und mineralischen suspendierten Stoffe geschah nach der indirekten Methode: Die Differenz zwischen dem Trockenrückstand von 100 ccm des unfiltrierten, gut geschüttelten Wassers und demjenigen von 100 ccm des filtrierten Wassers ergab die Gesamtmenge der suspendierten Stoffe in dem angewandten Quantum des Wassers. Die anorganischen Schwebestoffe desselben Quantums entsprechen der Differenz zwischen dem Glührückstand des unfiltrierten und dem des filtrierten Wassers. Die organischen Schwebestoffe findet man aus der Differenz zwischen den Gesamtschwebestoffen und den anorganischen. Getrocknet wurde der Abdampfrückstand 3 Stunden bei 105°; den Glührückstand erhält man durch schwaches Glühen des Abdampfrückstandes sowie durch Nachbehandlung mit Ammonium-Karbonat in bekannter Weise. Den Abwässern sind nach ihrer Ankunft im Laboratorium einige Tropfen Chloroform unter Umschütteln zugesetzt worden, um einer Veränderung derselben während der Dauer der Untersuchung tunlichst vorzubeugen. Von der Bestimmung der suspendierten Stoffe mittels der direkten Methode auf gewogenen Filtern ist deshalb abgesehen worden, weil ohnedies der Trockenrückstand und der Glührückstand des

unfiltrierten Wassers bestimmt werden musste und ausserdem die indirekte Methode nach der Erfahrung des städt. chemischen Laboratoriums genauere Resultate gibt. Ein Versuch, die suspendierten Stoffe zu bestimmen durch Ausschleudern in eigens zu diesem Zweck konstruierten Glasröhren mit unten aufgepressten gewogenen kleinen Tiegeln, welche durch einen Bajonettverschluss festgehalten werden und durch einen Gummiring abgedichtet waren, scheiterte daran, dass sich gewisse leichtere, offenbar in Schwebefällung befindliche Stoffe nicht ausschleudern liessen und somit zu niedere Werte gefunden wurden. Die Bestimmung der Oxydierbarkeit geschah in saurer Lösung nach Kubel; von den stärker verunreinigten Wässern, nämlich vom Rohwasser und den Abflüssen aus Faulraum (Sedimentierbecken) nebst Sammelbecken wurden 5 ccm Abwasser mit 95 ccm destilliertem Wasser, und von den Proben aus den Filtern 10 ccm Abwasser mit 90 ccm destilliertem Wasser verdünnt. Auf Nitrite und Nitrate wurde in bekannter Weise geprüft. Ammoniak wurde alkalimetrisch durch Destillation mit Magnesia bestimmt; der Gesamtstickstoff wie bekannt nach Kjeldahl-Jodlbaur. Bei der Bestimmung des Chlors wurden die Abwässer mit Kaliumpermanganat (nach König, Unters. landw. und gewerbl. wichtiger Stoffe. 2. Aufl. S. 655) entfärbt und das Chlor titrimetrisch bestimmt. Der freie Sauerstoff wurde nach der Winkler'sche Methode ermittelt. Die Bestimmung der Feuchtigkeit, des Fettes, der brennbaren Substanz, der Asche sowie des Sandes in den Schlammproben wurde nach den allgemein gebräuchlichen Methoden vorgenommen. Die Ermittelung des Heizwertes des Schlammes erfolgte mittels der Berthelot'schen Bombe, die Ermittelung des Dungwertes in bekannter Weise. Zur Vergasung des Schlammes in grösserem Massstabe ist die im städtischen Gaswerk vorhandene Versuchsgasanstalt benutzt worden. Die Untersuchung der gewonnenen Gase erfolgte nach den üblichen Methoden.

Die für die Untersuchungen bestimmten Wasserproben wurden meist als Durchschnittsproben dem Rohwasser und dem Abfluss aus den verschiedenen Teilen der Kläranlage entnommen, und zwar für die einfacheren Untersuchungen von den Abflüssen bei allen 4 Filterfüllungen eines Tages, für die grösseren Untersuchungen nur von einer Füllung je nebst dem zugehörigen Roh- und dem vorgereinigten Wasser.

Die Proben für das Rohwasser mussten mit einer gewissen Vorsicht entnommen werden. Die Fäkalien konnten nämlich nicht in

gleichmässigem Zufluss dem Schmutzwasser beigemischt werden. Die Menge der Fäkalien hätte bei ununterbrochener Zuleitung nur 0,2 bis 0,5 Sekundenliter betragen dürfen. Bei der diesem Zufluss entsprechenden Schieberstellung hätte sich die kleine Ausflussöffnung sowohl, als auch, wegen der geringen Durchflussgeschwindigkeit im Zuleitungsrohr, dieses selbst häufig verstopft. Man musste daher die Fäkalien stossweise in grösseren Mengen auf einmal zufliessen lassen. Infolge dieser ungleichmässigen Zuführung war man aber nicht ganz sicher, ob man bei der Probeentnahme aus dem Wasser des Sandfangs eine Probe erhielt, in der Fäkalien und Schmutzwasser sich schon gleichmässig gemischt hatten. Späterhin, als Sandfang und Faulraum verschlammt waren, enthielten einige aus dem Becken geschöpfte Proben auch Schmutzstoffe, die sich im Faulraum abgelagert hatten, nicht bloss solche, welche die gerade zufliessenden Schmutzwässer mit sich führten. Daher rühren wohl zum Teil die bei den Untersuchungen gefundenen grossen Schwankungen im Permanganatverbrauch des Rohwassers. Diese Schwankungen konnten auch nicht ganz vermieden werden durch direkte Entnahme der Rohwasserproben unmittelbar aus den Zuflussleitungen und Mischung der Bestandteile des Rohwassers im richtigen Verhältnis in einem besonderen Gefäss. Bei dieser Art der Probeentnahme erhielt man namentlich zu Anfang des zweiten Betriebsjahrs verhältnismässig kleine Werte für den Permanganatverbrauch. Die Schwankungen in der Zusammensetzung des ungereinigten Wassers sind aber auch auf die mitunter sehr verschiedene Beschaffenheit der zugeleiteten Fäkalien zurückzuführen, die weniger oder mehr verschmutzt sind, je nachdem sie aus dem oberen oder unteren, verschlammten Teil einer Grube stammen. Diese, für die Wirkung der Kläranlage zum Teil ungünstigen Umstände, die von den örtlichen Verhältnissen herrühren, dürfen bei Beurteilung des Reinigungsergebnisses nicht ausser Acht gelassen werden.

Zusammensetzung des Rohwassers.

Die Zusammensetzung des Rohwassers, wie es sich bei Mischung von 1 Teil Fäkalien mit 10 Teilen Schmutzwasser ergibt, ist überhaupt eher zu ungünstig als zu günstig im Vergleich mit derjenigen des Abwassers anderer Städte.

Nimmt man nämlich nach Baumeister (Strassenbau, S. 188 und 189) an, dass bei Einrichtung von Wasserspülaborten und un-

mittelbarem Anschluss derselben an die Kanäle diesen an Exkrementen täglich von jedem Einwohner zugeführt werden

100 g Kot,
1100 g Harn,
9000 g Spülwasser,

zusammen also 10200 g oder rund 10 l wässerige Fäkalien, so würde bei dem für das Rohwasser der Versuchskläranlage angenommenen Verhältnis der Fäkalien zum Schmutzwasser den 10 l Fäkalien ein Schmutzwasserverbrauch auf den Kopf und Tag von 100 l entsprechen. Der jetzige Wasserverbrauch ist aber schon 122 l im Jahresdurchschnitt für den Kopf und Tag (Jahresbericht des Wasserwerks für 1901) und wird sich bis zum vollständigen Uebergang zum Schwemmsystem noch mehr steigern. Die grösste Tagesmenge ist 1,7 mal so gross, als die Zahl des Jahresdurchschnitts. Wenn man nun nach Einführung des Schwemmsystems 150 l Wasserverbrauch für den Kopf und Tag annimmt, worunter sich dann die 10 l wässerige Fäkalien befinden, so wird das Verhältnis der Fäkalien zum Schmutzwasser nur 1 : 14 betragen, wie beispielsweise zur Zeit in Dresden. Nach dem „Führer durch das Arbeitsgebiet des Tiefbauamts Dresden 1903" betragen daselbst die Schmutzwässer im Höchstfalle

160 l Industrie- und Hausabwasser,
10 l Klosettwasser,
1,2 l Fäkalien.

Das Verhältnis von Fäkalien zu Schmutzwasser ist also hier 11,2 : 160 oder ebenfalls rund 1 : 14.

Aber nicht bloss aus dem Mischungsverhältnis geht hervor, dass die in der Versuchskläranlage geklärten Schmutzwässer etwas koncentrierter sind, als sie nach vollständiger Einführung des Schwemmsystems wahrscheinlich sein werden. Auch aus dem Vergleich der chemischen Zusammensetzung des künstlich gemischten Abwassers mit derjenigen des Schmutzwassers anderer Städte, in welchen die Fäkalien in die Kanäle eingeleitet werden, sieht man, dass das Rohwasser der Versuchskläranlage nicht zu den am wenigsten verschmutzten Abwässern gehört. Nachstehende Zusammenstellung ermöglicht einen Vergleich, soweit dieser überhaupt bei der Verschiedenheit der bei den einzelnen Abwässern untersuchten Stoffe und bei der Verschiedenartigkeit der Untersuchungsmethoden angestellt werden kann. Sie enthält auch Angaben über die Zusammensetzung des der Kläranlage

Lfd. No.	Stadt	Suspendierte Stoffe		
		gesamte	organische	mineralische
	Stuttgart.			
1.	Abwasser der Kläranlage ohne Fäkalien	471	267	204
2.	Schmutzwasser des Hauptsammelkanals (ohne Fäkalien)	450	242	208
3.	Rohwasser (einschl. Fäkalien) der Versuchskläranlage — 1. Betriebsjahr	652	362	290
	Rohwasser (einschl. Fäkalien) der Versuchskläranlage — 2. Betriebsjahr (erstes Drittel)	1500	717	793
	Weitere deutsche Städte.			
4.	Berlin	1056	733	323
5.	Breslau	538,2	371,4	166,8
6.	Charlottenburg	—	—	—
7.	Danzig	582	356	226
8.	Dortmund	417	247	170
9.	Essen	359,3	272,7	86,6
10.	Frankfurt a. Main	1390	955	435
11.	Halle a. Saale	879	—	—
12.	Hannover	1388—1734**	397—504**	943—1178**
13.	Kassel	5460	4214	1246
14.	Köln	—	375	—
15.	Potsdam (Kohlebreiverfahren) a)	—	—	—
	Potsdam (Kohlebreiverfahren) b)	3318,5	2437	881,5
	Englische Städte.			
16.	Hampton (Trennsystem)	—	—	—
17.	Manchester (Schwemmsystem)	367	174	193
18.	Leeds (Schwemmsystem)	620	310—434	186—310
19.	London: Barking (Schwemmsystem)	561,3	—	—
	London: Crossness (Schwemmsystem)	415	—	—
20.	Salford	400	86	314
21.	Sutton (Trennsystem)	960	655	305
22.	Mittel aus 16 englischen Städten mit Wasserklosetts	447	205	242

zufliessenden Kanalwassers, sowie des Wassers aus dem hiesigen Hauptsammelkanal. Die Zahlen bedeuten mg im Liter.

Man sieht, dass nur bei verhältnismässig wenigen Städten die Verunreinigung des Abwassers hinsichtlich der verschiedenen in Vergleich gestellten Bestandteile eine grössere ist, als diejenige des Rohwassers der Versuchskläranlage. Letzteres wird also wohl auch konzentrierter sein, als später das Wasser des Stuttgarter Hauptsammel-

Gelöste Stoffe			Permanganat-Verbrauch	Bemerkungen
Abdampfrückstand	Glührückstand	Glühverlust		
1277	896	381	103	* Aus dem Sauerstoffverbrauch berechnet (rund 4fache Menge desselben). Bei den Angaben aus den englischen Städten ist der sich in 4 Stunden ergebende Sauerstoffverbrauch zu Grunde gelegt. ** Hier sind die suspend. einschliesslich der gelösten Stoffe angegeben.
1438	886	552	193	
1508	1014	494	600	
2553	1500	1053	513	
1190	846	344	—	Büsing I. S. 165.
720,2	475,8	244,4	—	
800—2027	378—1554	184—524	168—624*	Vierteljahrschr. f. ger. Mediz. 1900. Suppl. S. 279.
683	522	161	—	Büsing I. S. 165.
815	552	263	730	〃 I. S. 328. (Durchschn. aus den 2 angegeb. Proben.)
726,1	5248	201,3	320	〃 I. S. 329.
927	443	484	591,6*	Die Reinigung der Abwässer in Frankfurt a. Main. 1903. S. 11.
2003	475	1528	792	Büsing I. S. 328.
—	—	169—242	—	Vierteljahrschr. f. ger. Mediz. 1900. Suppl. S. 173.
8000	1660	6340	459,6	Vierteljahrschr. f. ger. Mediz. 1900. Suppl. S. 144.
—	—	—	—	(Durchschnitt.) Techn. Gmbl. 1903. No. 10 u. Gesundheit. 1903. No. 17.
1210—1480	698—1032	422,5—740	209—981	Vjschr. f. ger. Med. 1898. Suppl. S. 173.
5590	2334	3256	—	Büsing I. S. 165.
2784	—	—	517,6*	
940	470	470	536*	Reisebericht der zum Studium der Klärung der Abwässer nach England entsandten Kommission der Städte Barmen und Elberfeld. Erstattet im Auftrag der Kommission von W. H. Lindley.
1100	715—880	220—385	496*	
1147	—	—	471,6*	
1310	—	—	324,2*	
930	—	—	332*	
805	537	268	202*	
722	—	—	—	Büsing I. S. 165.

kanals, insbesondere so lange noch nicht alle Aborte an die Kanäle angeschlossen sein werden. Die mit der Kläranlage erzielte Wirkung ist daher wohl nicht unter zu günstigen Verhältnissen erreicht worden.

Suspendierte Stoffe, Abdampf- und Glührückstand sowie Glühverlust.

Die durchschnittliche Verminderung der suspendierten sowie das Verhalten der gelösten Stoffe ist für das erste Betriebsjahr in den

verschiedenen Graden der Reinigung in folgender Zusammenstellung, deren Zahlen mg im l bedeuten, angegeben:

Probe aus	Suspendierte Stoffe				Gelöste Stoffe			
	gesamte	Abnahme %	organische	mineralische	Abdampfrückstand	Glührückstand	Glühverlust	Abnahme %
Rohwasser	652	—	362	290	1508	1014	494	—
Faulraum . . .	218	66.6	129	89	1355	872	483	2.2
Sammelbecken	170	73.9	105	65	1099	711	389	21.6
Filter I . . .	70	89.3	65.5	4.5	1048	725	323	34.6
„ II	30.2	95.4	19.3	10.9	1062	753	309	37.4
„ III . .	50.6	92.2	32.3	18.3	1059	784	275	44.3
„ IV	52	92.0	29.5	22.5	1147	856	316	36

In die Durchschnittszahlen sind die Untersuchungen aller drei Versuche des ersten Betriebsjahrs eingerechnet, da die einzelnen Filterreihen während der verschiedenen Betriebsweisen keine nennenswerte Abweichung im Verhalten gegenüber den suspendierten Stoffen zeigten. So lange beide Filterreihen gleich betrieben wurden, war Filter I etwas besser als Filter III, später, namentlich beim kontinuierlichen Betrieb, wurde das Verhältnis umgekehrt. Bei Filter II dagegen, das ebenfalls von Anfang an etwas besser wirkte, als Filter IV, hielt die bessere Wirkung bis zum Schluss an. Der Unterschied war aber nicht von Bedeutung.

Die Abnahme der gesamten suspendierten Stoffe im Faulraum beträgt nach der Zusammenstellung durchschnittlich 66,6 %, und nach der einfachen Filtration sind 89,3—92,2 % dieser Stoffe aus dem Abwasser entfernt. Die unteren Filter haben auf den Rest fast gar keine Einwirkung mehr (Filter IV); im günstigsten Fall werden schliesslich 96,1 % der Schwebestoffe aus dem Abwasser entfernt. Schon nach einfacher Filtration sind nur noch rund 50—70 mg suspendierte Stoffe im Abwasser enthalten.

In den letzten 4 Monaten des ersten Betriebsjahrs wurde durch die Untersuchungen festgestellt, dass die suspendierten Stoffe sich im Abfluss der unteren Filter gegenüber denjenigen im Abfluss der oberen Filter vermehrt hatten, ebenso wurde, jedoch seltener, eine Vermehrung der suspendierten Stoffe im Abfluss der oberen Filter, gegenüber dem Gehalt an solchen im Zufluss aus dem Sammelbecken gefunden. Dies deutete auf eine Auswaschung der verschlammten Filter hin. Dieses Auswaschen war aber für die Beschaffenheit des geklärten Wassers

nicht nachteilig, weil, soweit nach den Zahlen der Zusammenstellung geurteilt werden kann, hauptsächlich mineralische Bestandteile ausgewaschen worden sind.

Aus den Angaben über Abdampf-, Glührückstand und Glühverlust geht hervor, dass der letztere, also im wesentlichen die organische Substanz, bei der Klärung abgenommen hat. Die durchschnittliche Abnahme im Faulraum ist nicht gross, bei einigen Untersuchungen zeigte sich eine Zunahme des Glühverlusts. Ausserdem ergibt die Zusammenstellung, dass während der Filtration eine Vermehrung des Glührückstandes, d. h. der gelösten mineralischen Bestandteile, stattgefunden hat.

Die Ergebnisse über die Bestimmung der suspendierten und gelösten Stoffe für den bis jetzt verflossenen Teil des zweiten Betriebsjahrs, also während des Betriebs der Kläranlage mit mechanischer Abwasservorreinigung, sind die folgenden:

Versuche	Proben	Suspendierte Stoffe				Gelöste Stoffe			
		gesamte mg im l	Abnahme gegenüber dem Rohwasser in %	organische mg im l	mineralische mg im l	Abdampfrückst. mg im l	Glührückstand mg im l	Glühverlust mg im l	Glühverlust Abnahme in %
Juni bis Anfang September:	Rohwasser. . .	915	–	551	364	1873	1111	762	—
	Sedimentierraum	171	81.3	64	107	1047	795	252	66,9
	Sammelbecken .	155	83,0	81	74	1124	803	321	57,8
Kontin. Betrieb, Schlacke F. I: gewasch. Koks in F. II.	Filter I . . .	43	95.3	18	25	940	779	161	78,9
	Filter II . . .	91	90,0	12	79	1059	878	181	76,2
Intermitt. Betrieb, gewaschen. Koks in F. III u. IV	Filter III . . .	63	93,1	39	24	905	759	146	80.8
	Filter IV . . .	28	97.0	12	16	877	738	139	81,7
…ber und Oktober:	Rohwasser. . .	2403	—	966	1437	3572	2084	1488	—
	Sedimentierraum	381	84,1	241	140	1628	803	825	44,5
	Sammelbecken .	331	86,2	203	128	1452	820	632	50,9
…ch 5 wie oben	Filter I . . .	150	93,7	55	95	1194	832	362	75,7
	Filter II . . .	30	98,8	4	26	1214	881	333	77,6
Einfache Filtration m. intermitt. Betrieb in Filter IV (m. fein. Filtermat.)	Filter IV . . .	66	97,0	5	61	1068	755	313	79

Bei der Klärung von Kanalwasser ohne Fäkalien während der Versuche 4 und 5 erhielt man folgende Werte:

Digitized by Google

Proben	Suspendierte Stoffe				Gelöste Stoffe		
	gesamte	Abnahme gegenüb. d. Rohw.	organische	mineralische	Abdampfrückst.	Glührückstand	Glühverlust
	mg im l	in %	mg im l	mg im l	mg im l	mg im l	mg im l
Rohwasser ohne Fäkalien . . .	471	–	267	204	1277	896	381
Sedimentierraum .	82	82,6	36	46	729	539	190
Sammelbecken .	60	87.3	22	38	729	554	175
Filter I . . .	18	96,2	11	7	658	544	114
Filter II . . .	17	96,4	16	1	701	548	153
Filter III . . .	18	96,2	7	11	655	536	119
Filter IV . . .	13	97.2	9	4	661	532	129

Daraus ergibt sich, dass in der ersten Zeit des 2. Betriebsjahrs das aus dem Sedimentierraum abgeflossene Wasser weniger suspendierte Stoffe enthalten hat, als im ersten Betriebsjahr im Abfluss aus dem Faulraum enthalten gewesen sind, und auch in der letzten Zeit bei wesentlich mehr verschmutztem Rohwasser war die verhältnismässige Abnahme der Schwebestoffe im Sedimentierraum grösser als im Faulraum.

Das dem kontinuierlichen Betrieb ausgesetzte Filter I hat zuerst die Schwebestoffe mehr vermindert, als das dem intermittierenden Betrieb unterworfen gewesene Filter III. In Filter II dagegen wurden die Schmutzstoffe nicht so stark zurückgehalten, wie in Filter IV. Die Vermehrung gegenüber Filter I, die aus der Durchschnittszahl zu ersehen ist, rührt allerdings nur vom Resultat der ersten Untersuchung her. Später ergab sich eine starke Abnahme der suspendierten Stoffe in Filter II. Als Filter IV unmittelbar aus dem Sammelbecken mit Abwasser beschickt wurde, wurden in demselben die suspendierten Stoffe mehr vermindert als in Filter I. Die durch die unteren Filter herbeigeführten Verbesserungen betrugen nur 4—5 %, die Abnahme nach einfacher Filtration beträgt schon 93—97 %. Die gelösten Stoffe haben sich beim kontinuierlichen Betrieb im unteren Filter vermehrt.

Das aus Filter I abfliessende Wasser enthielt in letzter Zeit viele, oft grosse Flocken bildende Schwebestoffe, die offenbar von Auswaschungen aus diesem Filter herrührten. Diese waren aber, wie aus dem weiter oben mitgeteilten Ergebnis einer mikroskopischen Untersuchung durch das chem. Laboratorium hervorgeht, in der Haupt-

sache organischer Natur, im Gegensatz zu den Auswaschungen aus den Filtern im ersten Betriebsjahr.

Die Menge der suspendierten Stoffe, die nach mechanischer Vorreinigung in dem nicht mit Fäkalien vermischten Schmutzwasser noch vorhanden gewesen ist, war kaum grösser als diejenige, die das durch Fäkalien verunreinigte Abwasser nach einfacher Filtration noch aufweist. Gelöste Stoffe sind durchweg weniger darin enthalten. Daraus kann man wohl schliessen, dass hier bei einer definitiven Kläranlage, welcher das Abwasser vermutlich nicht so verschmutzt zufliessen wird, wie der Versuchskläranlage, schon durch bloss mechanische Reinigung in Sedimentierbecken ein erheblicher Reinheitsgrad des Abwassers erzielt werden wird.

Abnahme der Oxydierbarkeit.

Die Abnahme der Oxydierbarkeit, ausgedrückt durch den Permanganatverbrauch, ergab in den verschiedenen Betriebszeiten und bei den drei Versuchen des ersten Jahres folgendes Resultat:

Versuch	Zeit des Betriebs im 1. Jahr	im Rohwasser	Permanganatverbrauch in mg im l im Abfluss aus				
			dem Sammelbecken	Filter I	Filter II	Filter III	Filter IV
1. Versuch	1.—4. Monat	485,4	331,7	187,3	125,2	207,5	126,8
	5. u. 6. "	574,0	351,0	232,0	133,9	185,8	125,9
2. Versuch	7.—9½. "	740,0	257,1	147,5	97,5	121,3	93,7
3. Versuch	9½.—12. "	600,1	248,7	190,1	118,1	138,0	103,4

Die verhältnismässige Wirkung war demnach die nachstehende:

Versuch	Zeit des Betriebs im 1. Jahr	Abnahme der Oxydierbarkeit in Hundertsteln gegenüber derjenigen des Rohwassers im				
		Faul- und Sammelraum	Filter I	Filter II	Filter III	Filter IV
1. Versuch	1.—4. Monat	26	58,5	73,5	55,2	72,1
	5. u. 6. "	39,3	60,7	77,6	67,8	77,4
2. Versuch	7.—9½. "	54,1	75,8	84,4	80,3	85,4
3. Versuch	9½.—12. "	53,8	63,9	75,9	73,8	79,5

Dieser Vergleich der verschiedenen Wirkungsgrade ist auch in Tafel 8 zeichnerisch dargestellt.

Als Jahresdurchschnitt für den intermittierenden Betrieb in der zweiten Filterreihe erhält man folgende Zahlen:

I. Betriebsjahr	Permanganat-Verbrauch mg im l	Abnahme in Hundertstein gegenüber dem Rohwasser
Rohwasser . . .	600	—
Sammelbecken . .	297.1	50.5
Filter III	163.2	72.8
„ IV	112.5	81.2

Die Einzelwerte, aus denen die Durchschnittszahlen der Tabellen berechnet sind, weichen mitunter sehr stark von diesen Mittelwerten ab. Die Tafel 9, welche die Resultate der einzelnen Permanganatproben während des Faulraumbetriebs darstellt, zeigt die Schwankungen. Aus den ersten beiden Zusammenstellungen und der Tafel 8 geht hervor, dass nach viermonatlichem Betrieb die Wirkung des Faulraums einschliesslich des Sammelbeckens sich steigerte und dass sie nach Verfluss des ersten halben Jahres ihren grössten Wert erreichte, der bis zum Schluss des Jahres gleich blieb. Die Wirkung von Filter I ist in den ersten 4 Monaten etwas besser. dann etwas schlechter als diejenige von Filter III. Die Gesamtwirkung der Reinigung bis nach Abfluss des Wassers aus der Anlage ist sowohl während der ersten 4 Monate als auch im 5. und 6. Monat jeweils annähernd gleich bei Filter II und IV. Doch ist nach 4monatlichem Betrieb eine Steigerung des Wirkungsgrades eingetreten. Während des zweiten Versuchs (einstündiges Vollstehen) in Filter I ist dessen Wirkung ebenfalls geringer geblieben als diejenige von Filter III (zweistündiges Vollstehen). Nach doppelter Filtration war jedoch der Reinheitsgrad des abfliessenden Wassers bei beiden Filterreihen wieder derselbe. Da Filter I schon bei Versuch 1 etwas schlechter wirkte als Filter III, so ist das Ergebnis des Versuchs 2, dass bei bloss einstündigem Stehen des Wassers in den Filtern keine wesentlich schlechtere Reinigung erzielt worden ist als bei zweistündigem Vollstehen der Oxydationskörper.

Nach Einführung des Rieselbetriebs blieb bei Filter I die Wirkung etwas mehr hinter derjenigen von Filter III zurück als beim zweiten Versuch, während man nach den bisher bekannt gewordenen anderwärts mit dem Dauerbetrieb erzielten Resultaten bei Filter I eine bessere Reinigung hätte erwarten müssen als bei Filter III. Da der Filterkörper zum Dauerbetrieb aber übernommen worden war, wie

er sich während des Staubetriebs gestaltet hatte, lag der Grund für diesen abweichenden Befund vermutlich in der Verwendung des alten verschlammten Filtermaterials, das vielleicht auch nicht von einer für den Rieselbetrieb zweckmässigen Korngrösse war. Ausserdem war, wie schon oben mitgeteilt wurde, die beim Rieselbetrieb während des Versuchs 3 auf 1 cbm Filtermaterial entfallende geklärte Wassermenge etwas grösser, als sie zu dieser Zeit beim intermittierenden Betrieb geklärt werden konnte. Die ungünstigere Wirkung von Filter I wurde aber durch die Nachbehandlung des Wassers in Filter II zum grössten Teil wieder ausgeglichen. Der Permanganatverbrauch beim Abfluss aus diesem Filter war nicht mehr erheblich grösser als derjenige bei Filter IV. Immerhin war auch bei diesem Betrieb die Abnahme der Oxydierbarkeit schon bei einfacher Filtration nahezu 65 %.

Die Verbesserung der chemischen Zusammensetzung des Abwassers durch die Filtration in den zweiten Filtern ist aber ausser in dem eben erwähnten Fall nicht mehr von grosser Bedeutung. Ein Blick auf Tafel 8 und 9 zeigt dies deutlich. Durch die nochmalige Filtration in den unteren Filtern wird nur eine unwesentliche Besserung des Reinheitsgrads erreicht. Der Abstand der den Permanganatverbrauch in den Filtern angebenden Linien ist meist nur ein geringer. Bloss die äussere Beschaffenheit des Wassers ist eine bessere, was bei der weiter unten zu besprechenden Bestimmung der Durchsichtigkeit zum Ausdruck kommt. Wo man also nicht aus ganz triftigen Gründen auf eine möglichst weitgehende Reinigung der Abwässer grossen Wert legen muss, dürfte somit die Reinigung der Abwässer durch einfache Filtration in Oxydationsbetten, insbesondere bei grossen Anlagen, genügen, da die bei letzteren durch Anlage von zweiten Filtern entstehenden Kosten nicht im Verhältnis zu der dadurch erzielten Verbesserung des Abwassers stehen.

Zu demselben Ergebnis kommt man auch auf Grund der Abwasseruntersuchungen, die man bis jetzt im 2. Betriebsjahr ausführen konnte, wie die umstehende Zusammenstellung (S. 32) und Tafel 10 zeigt.

Die Abnahme des Permanganatverbrauchs im Sedimentierraum, einschliesslich Sammelbecken, war demnach in der ersten Zeit eine etwas grössere als nach dem Durchschnitt des Vorjahrs; in der letzten Zeit dagegen war sie verhältnismässig kleiner. Der Permanganatverbrauch des auf die Filter geschickten Wassers war aber immer noch etwas geringer als nach dem Durchschnitt des Vorjahrs.

Proben	4. und 5. Versuch				5. und 6. Versuch	
	Schmutzwasser mit Fäkalien		Schmutzwasser ohne Fäkalien		Schmutzwasser mit Fäkalien	
	Permang.-Verbrauch mg im l	Abnahme in %	Permang.-Verbrauch mg im l	Abnahme in %	Permang.-Verbrauch mg im l	Abnahme in %
Rohwasser . . .	612.5	—	103	—	413.2	—
Sedimentierraum .	289.5	52,7	90,6	12,0	315.3	23.7
Sammelbecken .	253	58.7	73.8	28.3	288	30.3
Filter I . . .	132.1	78.4	49	52.4	176.1	57.4
„ II . . .	90,8	85.2	33	68,0	99.3	76
Filter III . . .	143	76,7	50,6	50,9	—	—
„ IV . . .	100.6	83.6	36.6	64,5	128.3	68.9

Die Wirkung des kontinuierlichen Betriebs in der ersten Zeit in Filter I und II war auch nach der Grösse des Permanganatverbrauchs besser als die des intermittierenden in Filter III und IV, und auch etwas besser als der Durchschnitt des intermittierenden Betriebs vom ersten Jahr. In letzter Zeit jedoch änderte sich dies Verhältnis zu Ungunsten des kontinuierlichen Betriebs. Namentlich war die Wirkung von Filter IV als erstes Filter schliesslich besser als diejenige von Filter I. Die Abflüsse aus letzterem zeigten aber immer noch einen geringeren Permanganatverbrauch als beim Rieselbetrieb des Vorjahrs.

Mit der einfachen Filtration wurde eine Abnahme der Oxydierbarkeit um 76—78 % und in der letzten Zeit noch von 57—69 % erzielt. Diese letzte geringere Abnahme rührt zum Teil von der geringeren Wirkung der Vorreinigung her, wie sie gewöhnlich bei Wasser mit weniger hohem Permanganatverbrauch einzutreten pflegt; zum Teil aber wird sie wohl auch in der mehr fortgeschrittenen Verschlammung des Filtermaterials ihre Ursache gehabt haben. Beim kontinuierlichen Betrieb ist jedenfalls die Verschlammung der feinen Deckschicht in Filter I und der mit feinem Koks ausgelegten Rinnen in Filter II an der Verschlechterung Schuld gewesen. Die gelbliche Trübung, welche in letzter Zeit das gereinigte Abwasser gezeigt hat, trat im Vorjahr ebenfalls zu der Zeit auf, als die Verschlammung der Filter sich bemerkbar machte. Die unteren Filter haben während der besten Wirkung der oberen Filter die Reinheit des Abwassers, ganz wie im ersten Jahr, nicht mehr wesentlich erhöht. Die Oxydierbarkeit wurde nur um etwa 7 % vermindert. In der letzten Zeit dagegen wurde ebenfalls bei schlechterer Wirkung von Filter I das aus diesem abfliessende Wasser durch Behandlung in Filter II noch

ziemlich gereinigt, und zwar nahm die Oxydierbarkeit noch um rund 19 % ab.

Die Wirkung des Rieselbetriebs der biologischen Körper scheint somit nach den bisherigen Versuchen auf die Dauer diejenige des intermittierenden Betriebs nicht unbedingt zu übertreffen. Nur hinsichtlich der Menge des zu klärenden Abwassers ist er dem letzteren überlegen — abgesehen von anderen Vorteilen, die er in Anlage und Betrieb der Filter u. s. w. bietet —, da die Abnahme der Aufnahmefähigkeit des Filtermaterials sich nicht in der Weise geltend macht, wie beim intermittierenden Betrieb. Eine Ueberlastung der Tropfkörper macht sich nur durch das Abfliessen schlechter geklärten Wassers bemerkbar.

Aus den Zahlen des Permanganatverbrauchs bei der Klärung des Schmutzwassers ohne Fäkalienbeimengung ergibt sich, dass dieses verhältnismässig wenige gelöste fäulnisfähige Stoffe enthält, kaum mehr als das durch Fäkalien verunreinigte Abwasser nach doppelter Filtration. Solange also die gelösten fäulnisfähigen Stoffe im Abwasser sich nicht wesentlich vermehren, wird auch nach dieser Richtung hin in Stuttgart eine mechanische Abwasserreinigung in Sedimentierbecken genügen.

Sonstige Resultate der chemischen Untersuchungen.

Ausser den bisher besprochenen Ergebnissen der chemischen Untersuchungen haben nur noch diejenigen Resultate besonderes Interesse, welche über das Vorkommen der Salpetersäure- und der Salpetrigesäure-Verbindungen und allenfalls über das Vorhandensein von gelöstem Sauerstoff Aufschluss geben.

In der ersten Zeit des Faulraumbetriebs wurden in den Filterabflüssen keine Salpeterstickstoffverbindungen gefunden. Nach und nach zeigten sich aber solche in dem Wasser der unteren und später auch in dem der oberen Filter in kleinen Mengen, bis zu 9,8 mg im Liter in den oberen und 34,5 mg in den unteren Filtern. Eine Mineralisierung findet also erst statt, wenn sich die Filter eingearbeitet haben, aber auch dann nur in geringem Grad.

Während der mechanischen Abwasservorreinigung des gegenwärtigen Betriebsjahrs waren in beiden Filterreihen, zuerst nur in den unteren Filtern, anorganische Stickstoffverbindungen nachzuweisen. Erst in der letzten Hälfte des Monats Oktober wiesen auch die Abflüsse aus Filter I und aus dem als erstes Filter benutzten Filter IV

geringe Mengen dieser Verbindungen auf. Das Resultat ist also kein anderes als im ersten Betriebsjahr.

Gelöster Sauerstoff wurde im zufliessenden Schmutzwasser und in den Fäkalien, im Faulraum und Sammelbecken bei einer zu diesem Zweck während des zweiten Klärversuchs vorgenommenen Untersuchung nicht gefunden. Dagegen enthielt der Abfluss aus einem oberen Filter (III, zweistündiges Vollstehen) 0,8 ccm, der Abfluss aus Filter II 1,8, und derjenige aus Filter IV 0,8 ccm (reducierte, Volumen) gelösten Sauerstoff im l Abwasser.

Auch bei dem Betrieb im zweiten Jahr war nur in den Abflüssen aus den Filtern gelöster Sauerstoff vorhanden, und zwar je 0,56 ccm im l, also nicht soviel wie beim intermittierenden Betrieb des Vorjahres, während man hätte mehr vermuten sollen.

Vergleich mit der Wirkung anderer Kläranlagen.

Der Vergleich der Wirkung der Stuttgarter Versuchskläranlage mit derjenigen anderer Kläranlagen, wie er in den folgenden Zusammenstellungen (S. 36—39) angestellt ist, ergibt unter Berücksichtigung der verschiedenen einschlägigen Verhältnisse und der verschiedenartigen Angaben über die Zusammensetzung der einzelnen Abwässer, dass die Reinigung der Abwässer kaum in einer der aufgezählten Kläranlagen eine wesentlich weitgehendere ist als in der hiesigen Versuchskläranlage.

Bakteriologische Untersuchung. Desinfektion.

Die Untersuchung der Kläranlage in bakteriologischer Beziehung erfolgte durch das Laboratorium des I. Stadtarztes. Soweit es sich hierbei um Zählung der Keime handelte, wurden die Platten an Ort und Stelle sofort nach der Entnahme der Proben gegossen; die übrigen Arbeiten wurden im Laboratorium ausgeführt.

Nach den Erfahrungen, die man anderwärts bezüglich der bakteriologischen Reinigung der Abwässer in biologischen Anlagen gemacht hatte, konnte man von vornherein sagen, dass eine wesentliche Veränderung des Abwassers nicht eintreten würde. Diese Erwartungen haben sich bestätigt.

Zunächst wurden die Keimzahlen in den verschiedenen Abteilungen der Kläranlage bestimmt. Dies geschah zum Teil mit der gewöhnlichen Fleischwasserpeptongelatine, zum Teil auch mit Hesseagar.

Digitized by Google

In einer grösseren Anzahl von Untersuchungsserien wurde auch die Elsnersche Jodkaliumkartoffelwassergelatine angewandt.

Die Resultate bei Anwendung der beiden letzteren Nährböden sollen hier nicht beschrieben werden, da die Anordnung der diesbezüglichen Versuche die Menge der Bakterien ausser Acht liess.

Durch Untersuchung von ganzen Serien von Proben gelang es, gewisse Durchschnittswerte für die verschiedenen Abteilungen festzustellen. Das Rohwasser weist meist einen Keimgehalt von 1 bis 2 Millionen auf (gezählt nach 3 mal 24 Stunden). Im Faulraum findet eine Vermehrung der Keime auf etwa das Fünffache der Keimzahl im Rohwasser statt. Diese Menge bleibt auch im Sammelbecken ziemlich gleich. Im Filter I erfolgt eine starke Abnahme der Keime, die Zahl sinkt auf 10—20 % des Keimgehalts im Rohwasser. Im Filter II war meist wieder eine geringe Zunahme des Keimgehalts zu verzeichnen.

Die während der Zeit der Versuche sich ergebenden Schwankungen halten sich in folgenden Grenzen:

Einlauf %	Ueberlauf %	Sammelbecken %	Filter II %
100	min. 12	min. 12	min. 5
—	max. 590	max. 300	max. 200

Zieht man alle Fehlerquellen, die leider bei allen diesen Keimzählungen möglich sind, in Betracht, so wird man gut tun, keinerlei Schlüsse aus diesen Befunden zu ziehen, umsomehr, als sie für die Praxis doch ziemlich belanglos sind. Es muss genügen, festzustellen, dass die abfliessenden Wasser stets noch mehr Keime ergaben, als im Wasser des hiesigen Hauptsammelkanals angetroffen werden.

Diese Endresultate blieben auch bestehen, als in der Kläranlage die Aenderungen des Betriebs im 2. Jahr durchgeführt wurden.

Neben der Keimzählung ging einher eine Bestimmung der wichtigsten Arten; es wurden im Auslauf der Anlage angetroffen: Colibakterien in grosser Menge, Staphylokokken, verschiedene Vibrionen, ferner Pyocyaneus, sowie Fluorescens liquef. und non liquefaciens.

Damit war die Notwendigkeit der Desinfektion des Auslaufs in Epidemiezeiten bewiesen. Eine Zurückhaltung pathogener Keime durch

Digitized by Google

Vergleichende Zusammenstellung über die Wirkung der Stuttgarter

1. Gesamte suspen…

Betriebsweise	Grad der Reinigung	Stuttgart Versuchskläranlage 1. Jahr mg im l	Abn. in %	2. Jahr mg im l	Abn. in %	Deutsch… Dortmund Müller-Nahnsen mg im l	Abn. in %	Essen Röckner-Rothe (Kalk) mg im l	Abn. in %	Frankfurt a. M. 82 m Beckenlänge, mechanische Klärung mg im l	Abn. in %
Vorreinig. im Faulraum	Rohwasser	652	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Faulraum	218	66.6	—	—	—	—	—	—	—	—
Vorreinig. im Sedimentierraum	Rohwasser	—		915 2403		380 454	—	318,6 400	—	1390	—
	Sed.-Raum	—	—	171 381	81.3 84.1	—	—	—	—	197	85
Intermitt. Betrieb	Ob. Filter	50.6	92.2	65*	95*	—	—	—	—	—	—
	Unt. Filter	52	92.0	28	97		—	—	—	—	—
Kontinuierlicher Betrieb	Ob. Filter	70	89.3	43 150	95.3 93.7		—	—	—	—	—
	Unt. Filter	30.2	96.1	91 30	90.0 98.8	134 120	64,7 73,6	102,4 184,1	67,8 54	—	—

* Diese Zahlen bedeuten die Durchschnittswerte der Versuche 4 und 6; sonst sind unter Stuttgart die Zahlen … in den Zusammenstellungen über die einzelnen Versuche enthalten sind.

Nach der chem.-mech. Klärung fliesst das Wasser zu weiterer mechanischer Reinigung durch Grobkiesfilter … ist also nicht zu vergleichen mit einfacher kontinuierlicher Filtration in einem Oxydationsfilter. Erst …

2. Glühverlust …

Betriebsweise	Grad der Reinigung	Stuttgart Versuchskläranlage 1. Jahr mg im l	Abn. in %	2. Jahr mg im l	Abn. in %	Deutsch… Berlin Rieselfelder mg im l	Abn. in %	Dortmund Müller-Nahnsen mg im l	Abn. in %	Essen Röckner-Rothe (Kalk) mg im l	Abn. in %	Frankfurt a. M. 82 m Beckenlänge, mechanische Klärung mg im l	Abn.
Vorreinig. im Faulraum	Rohwasser	494	—	—	—	305,8		—	—	—	—	—	—
	Faulraum	483	2.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mechanische Vorreinigung	Rohwasser			762 1488	—	—	—	344 182	—	229,6 173,0	— —	484	—
	Sed.-Raum	—		252 825	66,9 44,5		—	—		—	—	221	54
Intermitt. Betrieb	Ob. Filter	275	44.3	146 313	80.8 79	—	—	—	—	—	—	—	—
	Unt. Filter	316	36	139	81.7	—	—	—	—	—	—	—	—
Kontinuierlicher Betrieb	Ob. Filter	323	34.6	161 362	78.9 75.7	—	—	—	—	—	—	—	—
	Unt. Filter	309	37,4	181 333	76,2 77,6	148,3	58	412 296	Zunahm.	289,2 372	Zunahme	—	—

Versuchskläranlage und der Kläranlagen anderer Städte.

dierte Stoffe.

Städte						Englische Städte							
Halle Müller-Nahnsen		Hamburg Versuchs-kläranlage		Kassel		Manchester Schw.		Leeds Schw.		Salford Schw. Chemische Verreinigung		Sutton Tr.	
mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %
—		198 433	—			367	—	—	—	—	—	960	—
—	—	89 214.0	18,9 53.9	—	—	162	56	—	—	—	—	—	—
879	—	—	—	5460	—	—	—	620	—	400	—	—	—
—		—	—	164	97		—	—	—	57	86	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	180	70	—	—	93	90,3
—	—						—	47,2	92	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28,6**	93**	—	—
2,6	99,7	—	—	—	—	—	—		—	Spur.	99.9	—	—

etzten Reinigungsstufe rieselt das Wasser durch Koksfilter. — In Köln beträgt die Abnahme der org. susp. Stoffe bei rund stündigem Aufenthalt im Becken 70%, bei der Versuchskläranlage Stuttgart 64.4% im Faulraum und 75 und 88,4% im Sedimentierraum, in Hannover höchstens 58,8% bei 4 mm Geschwindigkeit und 50 m langen Becken, bei 75 m langen Becken höchstens 72.2%. (V. f. ger. Med. 1901. XXI. S. 278 u. ff.)

gelösten Stoffe.

Städte										Englische Städte			
Halle Müller-Nahnsen		Hannover Versuchsbecken 50 m lang		Hamburg Versuchs-kläranlage		Kassel		Potsdam (Kohlebrei)		Manchester Schw.		Sutton Tr.	
mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %
—	—	—	—	118 511	—	—	—	—	—	470	—	268	—
—	—	—	—	181 235	28,5 35,4	—	—	—	—	360	24	—	—
1528		233 169	—	—	—	6340	—	720 787	—	—	—	—	—
—	—	266 194	Zu-nahme	—	—	333	94.74	—	—	—	—	—	—
—		—		—	—	—	—	—	—	—	—	240	10,5
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	238	11
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1126	26,3	—	—	—	—	—	—	910 1160	Zu-nahme	—	—	—	—

Digitized by Google

3. Permanganat-

Betriebsweise	Grad der Reinigung	Stuttgart Versuchskläranlage 1. Jahr mg im l	Abn. in %	2. Jahr mg im l	Abn. in %	Deutsch Berlin Rieselfelder mg im l	Abn. in %	Charlottenburg Versuchsanlage Carolinenhöhe mg im l	Abn. in %	Dortmund Müller-Nahnsen mg im l	Abn. in %
Vorreinig. im Faulraum	Rohwasser	485,4 740	—			359,4	—	—	—	—	—
	Faulraum	248,7* 351	26* 54	—	—	—	—	—	—	—	—
Mechanische Vorreinigung	Rohwasser	–	—	612,5 413,2	—	—	–	300	—	765 695	—
	Sed.-Raum	–		289,5 315,3	52,7 23,7	—	—	—	—	—	—
Intermitt. Betrieb	Ob. Filter	121,3 232	55,2 80,3	143 128,3	76,7 68,9	—	—	160	46,7	—	—
	Unt. Filter	93,7 133,9	72,1 85,4	100,6	83,6	—	—	147	51	—	—
Kontinuierlicher Betrieb	Ob. Filter	190,1	63,9	132,1 176,1	78,4 57,4	—	—	–	—	—	—
	Unt. Filter	118,1	75,9	90,8 99,5	85,2 76	37	89,7	—	—	900 727	Zu- nah

Betriebsweise	Grad der Reinigung	Englisch Accrington mg im l	Abn. in %	Hampton Tr. mg im l	Abn. in %	Manchester Schw. mg im l	Abn. in %	Leeds Schw mg im l	Abn. in %
Vorreinigung im Faulraum	Rohwasser	454,2	—	—	—	496	—	—	—
	Faulraum	—	—	—	—	352	29	—	—
Mechanische Vorreinigung	Rohwasser	—	—	517,6	—	—	—	504	—
	Sedim.-Raum	—	—	—	—	—	—	—	—
Intermittierender Betrieb	Oberes Filter	—	—	—	—	88	82,3	118	76
	Unteres Filter	—	—	16**	96,9	31	93,7	37,2	92
Kontinuierlicher Betrieb	Oberes Filter	49,4	89,1	—	—	—	—	—	—
	Unteres Filter	—	—	—	—	—	—	—	—

* Die hier eingesetzten 4 Zahlen geben den Permanganatverbrauch im Abfluss aus dem Sammelbecken an.
** 3stufige Filter.

verbrauch.

Städte

Essen Röckner-Rothe (Kalk)		Frankfurt a. M. 82 m Beckenlänge, mechanische Klärung		Halle Müller-Nahnsen		Hamburg Versuchskläranlage				Kassel		Potsdam (Kohlebrei)	
mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %
—	—	—	—	—	—	—	—	258 730,6	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	190,7 301.9	7,9 35,8	—	—	—	—
342,8 297,3	—	591,6	—	792	—	250–650	—	282 458	—	459,6	—	581,6 561	—
—	—	259,6	56,1	—	—	—	—	—	—	192,9	58	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	177 312	20,9 37,2	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	76 149	51 77,2	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	30—85	80 90	—	—	—	—	—	—
467,6 342,5	Zunahme	—	—	460	41,9	freistehend		—	—	—	—	137,5 108,9	76,3 80,6

Städte

London Barking Schw.		London Crossness Schw.		Reigate		Salford Schw. chemische Vorreinigung		Sutton Tr.		Yeovil Tr.		Exeter Schw.	
mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %	mg im l	Abn. in %
—	—	—	—	1305	—	—	—	202	—	400	—	244	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35	80	67,2
248	—	404	—	—	—	332	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	240	28	—	—	—	—	—	—
138,4	47,3	150	63	—	—	—	—	105,2	48	—	74	18,8	92,3
92,4	71	—	—	—	—	—	—	33,2	83,6	—	83	—	—
—	—	—	—	72,4	94,5	228***	31***	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	37,2	89	—	—	—	—	—	—

*** Vergl. die Bemerkung über Salford in Tabelle 1. (Suspendierte Stoffe.) — Der Permanganat-Verbrauch ist bei den englischen Anlagen durch Multiplikation mit 4 aus dem sich in 4 Stunden ergebenden Sauerstoffverbrauch berechnet.

Die Zahlen der vorstehenden vergleichenden Zusammenstellung (S. 36—39) sind entnommen:

Für die Stadt Berlin: Büsing I. S. 309.

Für die Stadt Dortmund: Büsing I. S. 328.

Für die Stadt Essen: Büsing I. S. 329.

Für die Stadt Halle: Büsing I. S. 328.

Für die Stadt Yeovil: Büsing II. S. 741.

Für die Stadt Exeter: Büsing II. S. 740.

Für die Stadt Charlottenburg: Vierteljahrschr. f. gerichtl. Medizin u. öffentl. Sanitätswesen. 1901. S. 228 u. 232.

Für die Stadt Hannover: Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 1901. S. 173.

Für die Stadt Kassel: Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 1900. S. 144.

Für die Stadt Potsdam: Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 1898. S. 173, Versuche vom 4. 5. 1897 und 25. 3. 1898.

Für die Stadt Frankfurt a. M.: Tiefbau. Reinigung der Abwässer Frankfurt a. M. S. 11.

Für die Stadt Hamburg: Dunbar und Thumm, S. 75, 85 u. 128. Gesundheits-Ingenieur. No. 4. 1903. S. 60.

Für die Städte Accrington und Reigate: Aufsatz Dunbar, Gesundheits-Ing. 1903. No. 2. S. 24 u. 25.

Für die Städte Hampton, Manchester, Leeds, Barking und Crossness, Salford und Sutton: Reisebericht Lindley für Elberfeld und Barmen.

die Filter erfolgt nicht, und man musste sich deshalb nach einem passenden Desinfektionsverfahren umsehen.

Unter den derzeit zur Verfügung stehenden Desinfektionsverfahren sind es hauptsächlich drei, welche für die Praxis in Betracht kommen können: das Versetzen der Abwässer mit Kalkmilch, das Ozonisierungsverfahren und die Desinfektion mit Chlorkalk.

Kalkmilch und Chlorkalk konnten geprüft werden, dagegen stand ein Ozonisierungsapparat nicht zur Verfügung. Neben Kalkmilch und Chlorkalk wurde dann noch Wasserstoffsuperoxyd geprüft, obschon dessen Preis die Verwendung im Grossen von vornherein ausschliesst. Diese sämtlichen Versuche mit Desinfektionsmitteln werden lediglich als Laboratoriumsversuche zu bewerten sein, und sie waren auch lediglich als Vorversuche für die in diesem Sommer anzustellenden grösseren Versuche an Ort und Stelle gedacht.

Im nachstehenden sollen die Versuche in möglichster Kürze geschildert werden.

1. Kalkmilch. Die Versuche wurden so angestellt, dass Kalkmilch (Mischungsverhältnis 1 : 10) in bestimmten Mengen zu je 10 ccm gereinigtem Abwasser zugesetzt wurde, dessen Keimgehalt in mehreren Plattenproben bestimmt worden war. Die mit Kalk versetzten Röhrchen wurden tüchtig umgeschüttelt und dann so lange stehen gelassen, als für die Einwirkung erforderlich scheinen konnte, meist zwischen

$^1/_2$—2 Stunden. Nach dieser Zeit wurden gewöhnliche Gelatineplatten mit dem Abwasser gegossen und zwar ohne Verdünnung.

Tabelle zum Kalkverfahren:

Datum	Kalkzusatz 0,05	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	Einwirkungsdauer	Keimzahl im Abwasser	Nährboden	Gezählt nach
23. I.	96	42	30	15	9	6	—	—	—	—	30 Min.	ca. 3 000 000	Gelatine	3 × 24 Std.
27. I.	108	72	7	*	118	12	13	10	10	0	60 „	ca. 2 500 000	„	„
29. I.	246	42	24	11	66	15	2	14	825	*	90 „	ca. 4 000 000	„	„
3. II.	42	8	7	3	4	3	4	8	0	6	30 „	ca. 2 000 000	„	„
3. II.	72	9	4	*	12	0	12	0	6	5	60 „	ca. 2 000 000	Agar	„
4. II.	19	4	0	2	0	0	8	2	0	0	90 „	ca. 2 500 000	Gelatine	„
4. II.	5	0	0	2	0	0	1	0	0	0	120 „	ca. 2 500 000	„	„

Die Resultate sind aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich. Eine für die Praxis vielleicht genügende Verringerung der Keime wurde erreicht bei einem Kalkzusatz von 0,05 g auf 1 l Abwasser bei einer Einwirkungszeit von 2 Stunden. (Vergl. auch die Pfuhlschen Versuche. Ztschr. für Hygiene. Bd. 12. 1892. S. 509.)

2. Wasserstoffsuperoxyd. Auch hier wurden von einer Stammlösung verschiedene Mengen, teils dem Rohwasser, teils dem gereinigten Abwasser zugesetzt, so dass die in der Tabelle angegebenen Mischungsverhältnisse sich ergaben. Aufgehoben wurde die Oxydationswirkung nach der aus der Tabelle ersichtlichen Zeit durch Zusatz von sterilisierter Tierkohle.

Tabellen zu den Versuchen mit Wasserstoffsuperoxyd.

I.

Datum	H_2O_2 auf 10 ccm Abwasser 0,05	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	Nährboden	Dauer der Einwirkg.	Gezählt nach
19. I.	186	8	16	0	0	0	0	0	0	0	Agar	$^1/_2$ Stde.	3 × 24 Std.
19. I.	108	30	36	108	0	0	7	0	0	0	Gelatine	„	„
22. I.	54	*	27	13	0	0	0	0	0	0	Agar	1 Stde.	„
22. I.	246	108	9	0	0	6	0	0	0	0	Gelatine	„	„

II.

Datum	Einwirkungsdauer in Minuten 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	Nährboden	Konzentration
7. 12.	156	132	108	72	144	84	36	48	36	60	38	22	Gelatine	0,5 : 1000
10. 12.	112	58	62	24	*	68	14	18	32	26	94	42	„	0,5 : 1000
11. 12.	1080	96	36	54	96	630	1880	84	*	50	54	62	„	0,5 : 1000
16. 12.	14	4	7	10	8	20	4	12	26	16	2	0	„	0,5 : 100

Die Keimzahl des Rohwassers schwankte in diesen Tagen zwischen 2 und 4 Millionen.

* bedeutet Ausfall der Platte.

3. Chlorkalk (vergl. auch Dunbar u. Zirn, Vierteljahrsschr. für ger. Medizin und öff. Sanitätsw. Bd. 16. 1898. Suppl. S. 137).

Digitized by Google

Es würde hier zu weit führen, die gesamten Versuchsreihen anzuführen, deren es im ganzen 64 waren. Die Versuche ergaben mit grosser Regelmässigkeit, dass das Abwasser nach 2 Stunden sicher sterilisiert wurde durch einen Chlorkalkzusatz von 0,14 g aktivem Chlor zu 1 l Abwasser.

Der Chlorgehalt wurde im Laboratorium bei einem Teil der Versuche noch abgestumpft durch Zusatz von Natriumbisulfit. In der Praxis wird hiervon wegen der grossen Verdünnung wohl Abstand genommen werden können.

Schlüsse aus diesen Vorversuchen wird man nicht ziehen können, dazu sind sie zu klein und mit zu geringen Mengen ausgeführt; auch standen nicht immer die genügenden Hilfskräfte zur Verfügung. Ueber die grösseren Versuche im kommenden Sommer wird genaueres berichtet werden, wenn die Versuche mit der Kläranlage überhaupt als abgeschlossen zu bezeichnen sein werden.

Wirkung des gereinigten Abwassers auf die Fische im Neckar.

Die Wirkung des geklärten Wassers auf die im Neckar lebenden Fische wurde ebenfalls vom 1. Stadtarzt untersucht und zwar im ersten halben Betriebsjahr. Die Versuchsaquarien, 3 für Abwasser, 1 für reines Wasser, wurden auf der Versuchskläranlage aufgestellt. Zunächst war eine Akklimatisation von Neckarfischen an die Aquarien notwendig. In der ersten Zeit gingen hierbei eine Anzahl empfindlichere Flussfische (Rotaugen) zu Grunde. Es wurde deshalb davon abgesehen, diese empfindlicheren Versuchstiere zu verwenden, und man begnügte sich mit Gold- und Silberfischen und Elrissen und Weissfischen aus dem Neckar. Nachdem die Tiere an die Aquarien gewöhnt waren, wurde Abwasser zugeleitet, und zwar so, dass die Fische nach 5—6 Tagen nur noch auf unverdünntes Abwasser angewiesen waren.

Die Fische fühlten sich von Anfang an wohl und blieben stets am Grunde der Aquarien. Bald siedelten sich grüne Algen an, welche eine besondere Ernährung der Fische unnötig machten. Notwendig zum Leben der Fische ist das Durchlüften der Aquarien; sowohl im reinen Wasser wie im Abwasser stellt sich beim Absperren der Lufthähne nach 4—5 Stunden Lufthunger bei den Fischen ein.

Ebenso notwendig ist ein häufiger Wechsel des Wassers. 3mal im Tage wurden die Aquarien langsam geleert und wieder gefüllt.

Vom Zeitpunkt der Angewöhnung an (etwa von Anfang August)

bis Ende Oktober haben sich alle vorhandenen Fische am Leben erhalten und waren nach dieser Zeit bei Beendigung des Versuchs noch wohl und munter. Es wurde ferner ein Aquarium aufgestellt mit Daphnien und P. aquatilis u. a. dem Neckarplankton entstammenden Tieren und Pflanzen. Auch diese befanden sich über die ganze Versuchsdauer (4 Monate) munter, starben aber in der ersten kalten Nacht anfangs Oktober ab.

Abgesehen davon, dass sich das Abwasser für die Fische selbst als völlig unschädlich erwiesen hat, ist es auch für deren Nahrung (grüne Algen etc.) unschädlich. Das unveränderte Wasser hindert deren Entwickelung nicht und kann somit als durchaus unschädlich für die Fischzucht bezeichnet werden, sofern es sich nicht um Edelfische, wie Forellen u. s. w. handelt. In der Verdünnung, in der es sich dem Neckar mitteilt (1 : 10 im ungünstigsten Fall bei einer Einwohnerzahl der Stadt von 200000), ist aber auch eine Sorge in dieser Hinsicht unnötig, da es sich bei den Versuchen stets um unverdünntes Abwasser gehandelt hat.

Im zweiten Jahr wurden die Fischversuche nur für ganz kurze Zeit ausgeführt. Es wurden zunächst grössere Zuber (1 cbm Inhalt) für diese Zwecke aufgestellt und mit der Zuführungsleitung so verbunden, dass das Abwasser für die verschiedenen Filter für sich untersucht werden konnte.

Die eingesetzten Fische (Weissfische und Schuppfische) gingen jedoch bald zu Grunde. Die Jahreszeit war für die Versuche nicht mehr günstig, ausserdem muss bei so grossen Fischen die Durchflussgeschwindigkeit, die Zufuhr der unverbrauchten und die Abfuhr der verbrauchten Wassermenge erhöht werden. Die Versuche werden im Frühjahr kommenden Jahres fortgesetzt unter Mitwirkung des Herrn Prof. Dr. Sieglin-Hohenheim.

Sonstige Beobachtungen während des Betriebs u. s. w.

Ausser den chemischen und bakteriologischen Untersuchungen wird auch eine einfachere Prüfung des gereinigten Abwassers an Ort und Stelle durch den Wärter vorgenommen. Bei jeder Leerung der Filter wird eine Probe entnommen und diese hinsichtlich der Durchsichtigkeit, der Farbe und des Geruchs untersucht. Als Massgabe für die Durchsichtigkeit wird die Höhe derjenigen Wasserschicht in einer Glasröhre von dünnem Boden zu Grunde gelegt, bei welcher

Digitized by Google

ein unter den Boden des Glases gehaltenes schwarzes Kreuz von 8 mm Strichstärke auf weissem Grund eben nicht mehr gesehen werden kann.

Die auf diese Weise festgestellte Durchsichtigkeit hat sich in der Hauptsache in folgenden Grenzen bewegt:

Wasser-durch-sichtigkeit in cm	1. Betriebsjahr				2. Betriebsjahr (erstes Drittel	
	1. Versuch April/Juli	Aug./Okt.	2. Versuch Nov./Febr.	3. Versuch Febr./April	4.—5. Vers. Juni/Sept.	5.—6. Vers. Sept./Okt.
Rohwasser.	2—5		2—5	2—5	1—2	1—2
Sammel-becken . .	3—7		3—7	3—7	3—5	3—5
Filter I .	6—10		6—10	7—10	8—15	7—10
Filter III .	6—10		10—15	7—10	6—10	—
Filter II .	8—12	20—50 öfter sogar 60—75	20—35 und 25—40	10—20 zuletzt 10—15	20—50 zeitweise 100 und mehr	35—65 in d. letzten 14 Tagen nur 15—35
Filter IV .	-	-	-	-	12—20	6—10

Einen kleinen Unterschied zwischen beiden Filterreihen sieht man nur während des zweiten Versuchs des ersten Betriebsjahrs. Die Durchsichtigkeit bei Filter III nach zweistündigem Stehen des Wassers war etwas grösser als diejenige bei Filter I nach nur einstündigem Vollstehen. Sonst war bei allen Versuchen mit der zweiten Filterreihe im ersten Jahr die Durchsichtigkeit des abfliessenden Wassers wie bei der ersten Filterreihe. In dem Ergebnis der Durchsichtigkeit aus dem zweiten Betriebsjahr zeigt sich namentlich bei den unteren Filtern ein grosser Unterschied. Die Proben von Filter II waren besonders während des 5. Versuchs bei kontinuierlichem Betrieb viel klarer als die Proben von Filter IV während des intermittierenden Betriebs. Es ist aber auffallend, dass bei den chemischen Untersuchungen (Permanganatverbrauch) das Wasser aus Filter II nicht um soviel besser gefunden wurde, wie dasjenige in Filter IV, als man nach dem Unterschied in der Durchsichtigkeit hätte vermuten können. Der Permanganatverbrauch in Filter IV war bei Doppelfiltration nur 10 und bei einfacher Filtration nur 29 mg im l grösser als bei Filter II, und die verhältnismässige Abnahme der Oxydierbarkeit in dem letzteren (stets zur Doppelfiltration benutzten) Filter ist nur um 1,6 und 7,1 % grösser als bei Filter IV. Es ist dies dieselbe Er-

scheinung, die schon im ersten Betriebsjahr beim Vergleich zwischen dem einfach- und dem doppeltfiltrierten Wasser gefunden worden ist.

Zur Beurteilung der Klarheit des gereinigten Wassers möge angeführt werden, dass die auf dieselbe Weise festgesetzte Durchsichtigkeit klaren Grund- und Quellwassers 1,05 m beträgt. Es wurde ferner an einem Tage, an welchem kein Regen fiel, unter Leitung des städt. Chemikers die Durchsichtigkeit des Hauptsammelkanal- und Neckarwassers an verschiedenen Stellen bestimmt mit folgendem Ergebnis:

Sammelkanal beim Austritt in den Mühlkanal in Berg .	12	cm
Mühlkanal oberhalb des Hauptsammelkanals	74	„
„ mit Hauptsammelkanal am Gittersteg . . .	$31\frac{1}{2}$	„
Neckarwasser etwa 100 m oberhalb der Eisenbahnbrücke	101	„
Neckar beim Wilhelmatheater, noch beeinflusst vom Hauptsammelkanal	$47\frac{1}{2}$	„

Die Farbe des abfliessenden gereinigten Wassers zeigte anfänglich meist einen Stich ins Gelbliche; um die Mitte des ersten Betriebsjahrs waren aber die Proben vorherrschend weisslich getrübt (opalisierend), manchmal fast klar. Im Winter, gegen Ende des Betriebsjahrs, war dann wieder bei allen Filterabflüssen eine gelbliche Trübung vorhanden. Beim Stehenlassen bildete sich bei weniger klaren Proben eine Spur von Bodensatz im Glase.

Im zweiten Betriebsjahr, während des Betriebs mit dem Sedimentierraum, waren die Abflüsse von den im Dauerbetrieb befindlichen Filtern von Anfang an weisslich getrübt, namentlich zeigte schon das Wasser aus Filter I dem Aussehen nach einen erheblichen Reinheitsgrad. Das aus den intermittierend beschickten Filtern III und IV abfliessende Wasser war in der ersten Zeit ziemlich stark gelblich getrübt und nahm erst nach längerem Betrieb eine mehr weissliche Trübung, ähnlich derjenigen des Wassers aus Filter I und II an. In der letzten Zeit war aber das Wasser aus allen drei im Betrieb befindlichen Filtern wieder zum Teil stark gelblich gefärbt.

In den ersten 6 Betriebswochen war dann und wann beim doppeltfiltrierten Wasser ein Geruch nach Fäkalien oder sonst ein, einem Fäulnisprozess entspringender Geruch zu bemerken. Nach Verfluss dieser 6 Wochen aber verringerte sich die Zahl der ungünstigen Proben, und schliesslich war bald kein Geruch bei der Probeentnahme mehr wahrzunehmen. Auch nach längerem Stehen, sowohl unter Ver-

schluss als an der Luft, war ein lästiger Geruch des gereinigten Wassers nicht mehr zu bemerken. Gegen Ende des ersten halben Betriebsjahrs liessen auch die Abflüsse aus den oberen Filtern infolge der grossen Abnahme der Oxydierbarkeit häufig keinen Geruch nach Fäkalien mehr erkennen. Selbst einige während des zweiten Versuchs im Brutschrank bei einer Temperatur von 37—39° C. aufgestellte Proben des einfach filtrierten Wassers zeigten nach den Befunden des städtischen chemischen Laboratoriums keine Neigung zum Nachfaulen mehr.

Im zweiten Jahr waren die Abflüsse aus den unteren Filtern bei Doppelfiltration ebenfalls geruchlos und faulten auch im Brutschrank selten nach. In den meisten Fällen zeigten auch die Proben des Wassers aus den oberen Filtern bei der Entnahme keinen Geruch mehr. Dagegen trat ein solcher häufiger auf beim Stehenlassen des Wassers unter Verschluss. Eine Zeit lang war auch das aus Filter II abfliessende Wasser selbst bei fast völliger Klarheit mit einem Geruch behaftet, wie etwa ein Wasser, das aus einem stark mit Wasserpflanzen verwachsenen Gewässer entnommen wird.

In beiden Betriebsjahren wurde je im Sommer in zwei grösseren offenen Glasschalen Neckarwasser und eine Mischung von geklärtem Abwasser und Neckarwasser im Verhältnis 1 : 10 aufgestellt, in welchem Verdünnungsgrad sich später das von der Hauptkläranlage abfliessende Wasser im ungünstigsten Fall mit dem Neckarwasser vermischt (Abwasser $\frac{200000 \,.\, 0{,}15}{12 \,.\, 3600} = 0{,}7$ cbm/Sekunde; absolut niederste Wassermenge des Neckars 1891/95 rund 7 cbm). Die so aufgestellten Wasserproben zeigten gegenüber dem Neckarwasser wohl eine etwas gelblichere Farbe; aber selbst wenn Abwasser aus den oberen Filtern beigemischt war, trat nie ein Nachfaulen ein.

Auch die Temperatur des Wassers in seinem Laufe durch die verschiedenen Teile der Kläranlage wurde regelmässig gemessen. Die Messung in den Filtern geschah mit einem besonders zu diesem Zweck nach Angabe des städtischen chemischen Laboratoriums konstruierten Thermometer. Diese Messungen gewannen besonderes Interesse während des Winters. Der Betrieb der Versuchskläranlage konnte während der kalten Jahreszeit ununterbrochen fortgesetzt werden. Selbst bei der am 8. Dez. 1902 morgens bei Beginn des Betriebs beobachteten Lufttemperatur von — 21° C. betrug die Temperatur im Faul- und Sammelraum sowie in den Filtern noch + 5° C. Auf der Filter-

oberfläche bildete sich stellenweise eine Decke aus Schnee und Eis, die aber dem Eindringen des Wassers in die Filter nicht hinderlich war. Ob sich die Temperaturverhältnisse beim kontinuierlichen Betrieb auch so günstig gestalten werden, konnte beim Betrieb im vergangenen Winter nicht beobachtet werden, da keine besonders grosse Kälte aufgetreten ist.

In der letzten Zeit des ersten Betriebsjahrs fanden sich im Abfluss aus den Filtern, zuerst in dem der unteren, dann auch in dem der oberen zahlreiche kleine Lebewesen. Es sind dies nach der durch den Stadtarzt veranlassten Untersuchung durch Herrn Professor Häcker an der hiesigen technischen Hochschule Poduren (podurus aquatilis), die nächsten Verwandten des Gletscherflohs. Dieselben leben von Bacillen und Algen, sind aber für den Reinigungsvorgang bedeutungslos.

Beim Entfernen des gewaschenen Kokses aus Filter III im zweiten Betriebsjahr nach $2^1/_2$ monatlichem Betrieb fand man in den oberen Filterschichten zahlreiche zum Teil recht grosse Larven der Waffenfliege. Ausserdem ist zu erwähnen, dass sich in den heissen Sommermonaten zahlreiche kleine Mücken über den Filtern einstellen.

Beschwerden über die Belästigung der Umgebung durch die Anlage sind bis jetzt noch nicht erhoben worden. Wie sich dies im Grossen gestalten würde, kann nicht mit Bestimmtheit beurteilt werden. Abgesehen von dem schon oben erwähnten Geruch des Faulraums, während die Decke in demselben fehlte, und dem damit zusammenhängenden starken Geruch beim Füllen der oberen Filter konnte man im Allgemeinen nicht viel Unzuträglichkeiten beobachten. Beim Füllen der oberen Filter verbreitete sich in der Umgebung der Auslaufrohre immer ein schwacher Geruch, der beim gleichzeitigen Füllen mehrerer Filter einer grossen Kläranlage wohl deutlich auch in grösserer Entfernung wahrzunehmen sein würde.

Unangenehm bemerkbar, allerdings auch nur in nächster Nähe, macht sich ferner der Geruch, den der Berieseler verbreitet, ein Nachteil dieser Art der Wasserverteilung, der ihrer Anwendung im Grossen unter Umständen nicht förderlich ist.

Die Schlammlager verursachten wegen ihres kleinen Umfangs keine besondere Belästigung. Beim Trocknen des nach dem ersten Betriebsjahr aus dem Faulraum entfernten Schlamms verbreitete sich gar kein Geruch. Dagegen konnte man bei dem aus dem Sedimen-

tierraum im 2. Betriebsjahr entfernten Schlamm manchmal einen solchen wahrnehmen. Der Geruch wurde verursacht durch einen Fäulnisprozess, welcher sich in der ersten Zeit der Trocknung im Schlamm unter Aufsteigen von Gasblasen entwickelte.

Im Laufe des Jahres 1903 erkrankte der die Kläranlage bedienende Wärter zweimal an schweren Lymphangitiden des Arms, das einemal ohne eine nachweisbare Eingangsöffnung, das anderemal offenbar von einer Schnittwunde aus, die wegen ihrer Kleinheit nicht besonders beachtet wurde. Derartige Erkrankungen dürfen uns bei der Art der Beschäftigung nicht wundernehmen. Die Gelegenheit zur Infektion ist gross, wird aber in einem grösseren Betrieb, in welchem Maschinenarbeit zu Hilfe genommen wird, eher verringert als erhöht werden.

Schlammfrage.

Dass man mit der biologischen Abwasserreinigung die Frage der Schlammbeseitigung noch nicht gelöst hat, haben auch die hiesigen Klärversuche dargetan.

Nach 10wöchentlichem Betrieb musste zunächst der Schlamm aus dem Sandfang vor dem Rechen entfernt werden, da dieser Raum fast bis zum Wasserspiegel damit gefüllt war. Ebenso musste der im Sammelbecken abgelagerte Schlamm ausgepumpt werden, weil derselbe durch die Auslaufrohre auf die Filter geschwemmt wurde. Die hierbei in das Schlammlager geförderte Menge noch zum Teil ziemlich wässerigen Schlamms betrug 13 cbm. Nach etwa 4wöchentlicher Lagerung in dem offenen Schlammlager waren rund 42% des Raumgehalts des Schlamms an Wasser verdunstet. Der Rückstand war aber zum Teil noch ziemlich wasserhaltig. Von demselben wurde dann ein Teil in die Gasfabrik zur weiteren Trocknung und Vergasung und der Rest auf einen Auffüllplatz abgefahren. Aus dem eigentlichen Faulraum wurde um diese Zeit noch kein Schlamm entfernt. Dieser blieb vielmehr, ebenso wie von jetzt ab der Schlamm im Sandfang, bis zum Ende des ersten Betriebsjahrs darin liegen. Aus dem Sammelbecken, das sich auch zu einem Faulraum entwickelt hatte, mussten dagegen nach etwa 10monatlichem Betrieb nochmals 11 cbm Schlamm herausgeholt werden, weil dieser die auf die Filter gelangenden Abflüsse wieder stark verschmutzte. Infolge der ungünstigen Witterung verlor der Schlamm nach 5wöchentlicher Trocknung im offenen Schlammlager nur etwa $^1/_5$ seines Rauminhalts an Wasser. In diesem Zustand wurde ein kleiner Teil zur Düngung

eines neben der Kläranlage gelegenen Grundstücks abgegeben, sowie eine Probe zur Bestimmung des Düngerwerts durch das städt. chem. Laboratorium entnommen, und der Rest auf einen Schlammlagerplatz der Kanalbauinspektion fortgeführt.

Am Ende des ersten Betriebsjahrs sollte nun der gesamte Anfall von Schlamm festgestellt werden, der sich in diesem Zeitraum beim Betrieb der Kläranlage angesammelt hatte. Der Faulraum nebst Sandfang war ohnehin jetzt so mit Schlamm gefüllt, dass er hätte geleert werden müssen, und auch die Abflüsse aus dem Sammelbecken waren wieder stark getrübt.

Die nunmehr aus allen Becken entfernte Schlammmenge betrug im Ganzen 63 cbm; die im Laufe des ganzen Betriebsjahrs angefallene Menge Schlamm ist somit $13 + 11 + 63 = 87$ cbm. Die in dieser Zeit geklärte Wassermenge beläuft sich auf 36 500 cbm; also ist der Anfall an Schlamm auf 1 cbm Abwasser 2,38 l = rund 2,4 ‰ der Wassermenge.

Ein Teil dieses Schlamms wurde bei der Kläranlage teils auf Kies, teils auf gewöhnlichen Erdschlammlagern in einer Stärke von 15 bis 25 cm aufgeschüttet und getrocknet. Er verlor nach 3 bis 5 wöchentlicher Trocknung 20 bis reichlich 40 % seines Rauminhalts an Wasser.

Ein kleiner Teil des Schlamms wurde auch zum Düngen kleinerer benachbarter Grundstücke abgegeben, der grösste Teil des Schlamms aber musste wieder abgefahren werden.

Während der Entleerung der Behälter wurden vom Schlamm Proben zur Bestimmung des Wassergehalts und der organischen und mineralischen Bestandteile entnommen. Vom getrockneten Schlamm wurde der Heizwert bestimmt.

Seit der im zweiten Betriebsjahr eingerichteten mechanischen Vorreinigung des Abwassers sind im Ganzen bis 7. November 1903 bei der wöchentlich zweimaligen Schlammentfernung aus den verschiedenen Becken rund 78 cbm Schlamm angefallen. Bis dahin sind der Kläranlage 20 800 cbm Abwasser zugeflossen, so dass bei dieser Betriebsweise ein Schlammanfall von 3,75 l auf ein cbm Abwasser zu verzeichnen ist. Man hat also beim Betrieb mit dem Sedimentierraum auf rund 1,35 ‰ mehr Schlamm zu rechnen, als bei der Abwasservorreinigung mit dem Faulraum. Das Trocknen dieses Schlamms vollzieht sich etwas langsamer als dasjenige des mehr ausgelaugten Faulraumschlamms. Dieser hatte ein mehr erdiges Aussehen nach

dem Trocknen, der Sedimentierraumschlamm war noch faserig, filzig. Nach dem Einbringen des letzteren ins Schlammlager ist er zum Teil, wie schon erwähnt, namentlich an warmen Tagen, in Zersetzung übergegangen, unter Entwicklung von Gasblasen und Verbreitung eines lästigen Geruchs. Trotz 2monatlichen Trocknens des Schlamms in den offenen Schlammlagern hatte er immer noch 47 Gewichtsprozente Wasser. Mit diesem Schlamm sind dieselben Untersuchungen angestellt worden, wie mit dem aus dem Faulraum gewonnenen.

Das Ergebnis der Untersuchungen beider Schlammarten ist im Folgenden nebeneinander gestellt.

Eine mikroskopische Untersuchung der Schlammdecke im Faulraum durch das städtische chemische Laboratorium ergab, dass diese vorzugsweise aus Fadenalgen, Stärke, Getreidehaaren und Detritus bestand. Die sonstige Zusammensetzung der Schwimmdecke sowie des bei der ersten Leerung des Sandfangs und Sammelbeckens aus diesen entfernten Schlamms hat sich ergeben wie folgt:

Analyse	Dickflüssiger Schlamm aus dem Sandfang %	Fester Schlamm aus dem Sandfang %	Schlamm-decke vor dem Schwimmbrett %	Dünnflüssiger Schlamm a. d. Sammelbassin %
Feuchtigkeit	3.64	1,53	2,78	0.67
In dem bei 100° C. getrockneten Schlamm wurden gefunden:				
Verbrennbare Bestandteile	20,41	39.21	46.26	44.9
Mineralbestandteile . .	79.59	60,79	53.74	55.10
Darunter:				
Sand; bezogen auf den bei 100° C. getrockneten Schlamm . . .	1,31	7,66	0.21	1.12
Fett	2.54	2.59	12,94	3,00

Bei der mikroskopischen Untersuchung des Schlamms aus dem Sedimentierraum fand man in demselben einzellige Algen (Protokokkoiden) und Rhizopoden (Oscillaria fehlt), ferner Holz und Pflanzenreste sowie Schmutz und Sand neben einzelnen Baumwoll- und Wollfasern, also in der Hauptsache Schmutz nebst pflanzlichen Fasern aller Art.

Die chemische Untersuchung ergab als Zusammensetzung nach Gewichtsteilen:

Digitized by Google

	Des Schlamms aus dem	
	Faulraum	Sedimentierraum
Wasser	77,3 %	75 %
Organische Bestandteile	7,35 %	13,98 %
Mineralische „	15,35 %	10,95 %.

Der Schlamm aus dem Sedimentierraum hat also noch fast doppelt soviel organische Bestandteile wie der Faulraumschlamm.

Die Bestimmung des Heizwertes von Schlamm nach mehrwöchentlicher Trocknung ergab folgende Zahlen:

	Schlamm aus dem	
	Faulraum	Sedimentierraum
Nutzbarer Heizwert für 1 kg lufttrockenen Schlammes	1627 W.E.	2025 W.E.
Dieser lufttrockene Schlamm hatte einen Wassergehalt von	40 %	47 %
Und demnach einen Trockenrückstand von	60 %	53 %
Der Gehalt des letzteren an Mineralbestandteilen betrug	64,1 %	61 %.

Der Heizwert des Schlamms aus dem Sedimentierraum ist demnach etwas grösser als der des Faulraumschlamms, wohl weil der erstere Schlamm noch nicht so ausgelaugt ist. Aber die beiden Heizwerte sind nicht so gross, dass auf ein günstiges Ergebnis beim Verbrennen des Schlamms gerechnet werden könnte.

Die Menge der Pflanzennährstoffe, welche in 1000 kg Schlamm gefunden worden ist, ist in umstehender Uebersicht (S. 52) mit dem Dungwert der hiesigen gewöhnlichen Latrine zusammengestellt. Das Gewicht des lufttrockenen Schlamms wird zu 500—600 kg, das des nassen zu etwa 1000 kg für das cbm angenommen werden können. Die nachstehende Menge an Dungstoff für den trockenen Schlamm wird also etwa in 2 cbm, diejenige für den nassen Faulraumschlamm in 1 cbm der Masse enthalten sein. 1 cbm Latrine wird etwa 1000 kg wiegen.

Im Vergleich mit der Latrine ist namentlich Kalium in viel geringeren Mengen im Schlamm enthalten. Da dieser ausserdem, besonders im getrockneten Zustand, eine für die gleichmässige Verteilung beim Düngen unzweckmässige Form besitzt, in der er dargeboten wird und in welcher er der Ausnützung hinderlich sein dürfte, sowie viele mineralische Beimengungen enthält, wird man dem Schlamm als

Nährstoffe	Schlamm aus			Latrine pro 1000 kg
	Faulraum lufttrocken pro 1000 kg	Sedim.-Raum lufttrocken pro 1000 kg	Faulraum nass pro 1000 kg	
	kg	kg	kg	kg
Stickstoff = N . . .	16,9	14	3,6	4,24—3,30
Phosphorsäure = P_2O_5	16,3	18	3,5	1,84—2,50
Kali = K_2O	5,0	geringe Spuren	1,0	1,69—2,40

Düngmittel keinen grossen Wert beimessen dürfen. Er würde als solches kaum so leicht wie Latrine Absatz finden.

Auch das Resultat der Vergasung des Schlamms durch das Städt. Chem. Lab. ist kein besonders günstiges, wie aus Folgendem zu ersehen ist:

a) Ausbeute an Gas, Herstellungskosten.

	Schlamm aus dem Faulraum	Schlamm aus dem Sedim.-Raum
Menge d. vergast. Schlammes	2 cbm	1,67 cbm
Gewicht d. „ „	1200 kg	840 kg
„ von 1 cbm Schlamm	600 „	504 „
Vergasungsrückstand . . .	819,6 „ = 68,3 %	566 kg = 67,4 %
Ausbeute an Gas	200,9 cbm = 16,6 cbm pro 100 kg	201,2 cbm = 24 cbm pro 100 kg
Gewicht einer Retortenladung	40 kg	35 kg
Anzahl der Retortenladungen	30	24
Dauer der Ausgasung einer Ladung	4 Stunden	4 Stunden
Verbrauch an Koks zur Vergasung der 1200 bezw. 840 kg Schlamm . . .	1700 kg 50 kg kost. 1,30 M	1440 kg 50 kg kost. 1,15 M
Arbeitszeit für die Vergasung	55 Stunden	96 Stunden
Arbeitszeit für das vorhergegangene Trocknen des Schlammes	12,3 Stunden	3 Tage
Herstellungskosten von 1 cbm Schlammgas	0,36 M	0,42 M
Kosten der Vergasung von 1 cbm Schlamm . . .	36 M	50 M

b) Beschaffenheit des Gases.

	Schlammgas aus Faulraumschlamm	Schlammgas aus Sedimentierraumschlamm	Stuttg. Leuchtgas (Mittelwerte)
Spec. Gew. bei 15° C. =	0,7851	0,744	0,4340
Lichtstärke bei 150 l Konsum . . . . = (also so gut wie Null)	0,2 HK	0,6 HK	15 HK
Oberer Heizwert in W. E. pro 1 cbm =	3242	3371	ca. 5900
Nutzbarer Heizwert =	3002	3131	5000—5300

c) Chemische Analyse.

	Schlammgas aus Faulraumschlamm	Schlammgas aus Sedimentierraumschlamm	Stuttg. Leuchtgas (Mittelwerte)
Kohlensäure . . .	18,4 Vol. %	17,2 Vol. %	1,5—2,5 Vol. %
Durch rauchende Schwefelsäure absorbierbar . . .	3,5[1)] "	4,2 "	2,6—4,5 "
Sauerstoff . . .	0,3 "	0 "	0—0,5 "
Kohlenoxyd . . .	29,5 "	30,8 "	8—10,5 "
Methan	9,2 "	9,5 "	25,7—36 "
Wasserstoff . . .	31,4 "	30,2 "	42—53,2 "
Stickstoff als Rest	7,7 "	8,1 "	3—7 "

Die vorstehenden Untersuchungen ergeben somit, dass für den hiesigen Klärschlamm keine andere Art der Beseitigung möglich ist als anderswo.

Verschlammung und Waschen der Filter.

Man hat aber nicht bloss mit den aus den Vorreinigungsbecken anfallenden Klärrückständen zu rechnen, sondern auch noch mit dem in den Filtern zurückbleibenden Schlamm. Die einzelnen Kokskörner zeigten mit der Zeit einen Ueberzug von Algen, Kalk und Schlamm. Auf einem Teil der Oberfläche des Filters III bildete sich eine Schlammschicht, die nach der mikroskopischen Untersuchung des chemischen Laboratoriums in der Hauptsache aus Fadenalgen (Oscillaria

1) Beim Leuchtgas handelt es sich um schwere Kohlenwasserstoffe, beim Schlammgas wohl um empyreumatische Stoffe und dergl., sonst müsste bei letzterem trotz des hohen Kohlensäuregehaltes der Leuchtwert besser sein.

Digitized by Google

princeps herrscht dabei vor), daneben Protokokkoiden nebst eingeschlossenem Schmutz, Sand und Holzpartikelchen zusammengesetzt war.

Am Schluss des ersten Betriebsjahrs wollte man nun durch Waschen des Filtermaterials auch feststellen, wieviel sich in den Filtern Schlamm abgelagert hatte. Es sollten zugleich Anhaltspunkte über das Waschen selbst und das Verhalten des gewaschenen Materials bei seiner Wiederverwendung in den Filtern gewonnen werden. Das Waschen wäre vielleicht wegen des Betriebs an sich noch nicht nötig geworden, da die Klärwirkung immer noch befriedigend war. Auch das Ausspülen des Schlamms, das sich in den Abflüssen zeigte, wäre vielleicht noch keine Veranlassung zur Reinigung gewesen, denn zum grössten Teil waren die ausgespülten Stoffe, wie schon oben erwähnt, mineralischer Natur.

Der Reinigung wurde der Koks von Filter III, sowie Filter II und IV unterzogen. Der Koks von Filter I sollte nach Wiederaufnahme des Betriebs durch Schlacke ersetzt werden. Derselbe wurde daher nicht gewaschen, sondern einfach aus Filter I entfernt und neben der Kläranlage gelagert.

Der Koks von Filter III wurde nun auf einer Brettertafel (ähnlich einer Betoniertafel) gewaschen, die über einem Teil des leeren Filters I hergerichtet worden ist. Als Waschwasser konnte das Schmutzwasser (ohne beigemischte Fäkalien) benützt werden, das sonst der Kläranlage vom Kanalnetz aus zufliesst. Dasselbe wurde in provisorischen Holzrinnen auf die Waschtafel geleitet, wo es sich über die jeweils dort aufgeschütteten 1—2 Schubkarren voll Koks ergoss. Der Koks wurde von 2 Arbeitern gehörig umgeschaufelt, wie bei der hier üblichen Art des Betonmischens, so dass das Wasser den Schlamm sauber abspülen konnte. Das Schmutzwasser floss am Ende der Waschtafel durch ein aufrecht gestelltes Drahtgeflecht von 4 mm Maschenweite ab, das den mitgeschwemmten Koks möglichst zurückhalten sollte. Das abfliessende Wasser sammelte sich in dem leeren Becken von Filter I, das man auf einfache Weise zu einem Sedimentierbecken umgestaltet hatte. Vor dem Schieber der nach dem Schacht zu führenden Rohrleitung, durch welche das schmutzige Wasser seinen Weg nehmen sollte, war eine kleine 0,90 cm hohe Ueberfallmauer errichtet worden. Der vom Waschen des Filtermaterials herrührende Schlamm konnte sich daher absetzen und das einigermassen geklärte Wasser floss über den Ueberfall nach dem Schacht ab. Die so bei der Waschung von Filter III erhaltene Schlammmenge betrug rund

29 cbm oder $\frac{29}{73}$ = 400 l wässrigen Schlamm auf 1 cbm Filtermaterial = 1,6 l auf 1 cbm Abwasser. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich darunter auch 5 cbm Koks befinden, die sich nach dem Wiedereinfüllen des gewaschenen Materials in Filter III als Verlust ergeben haben, sowie, dass sich nicht bloss Schlamm aus dem Filter, sondern auch von dem im Waschwasser mitgeführten abgesetzt hat. Andererseits ist vom Waschwasser, das über den Ueberfall wesentlich schmutziger abfloss, als es auf den zu waschenden Koks zuströmte, viel von dem eigentlichen Filterschlamm trotz der Sedimentierung noch mit fortgeschwemmt worden. Immerhin bekommt man durch die angegebene Zahl einen Begriff, mit welchen Schlammmengen man bei den oberen Filtern zu rechnen hat, wenn sich das Auswaschen derselben im definitiven Betrieb als nötig erweist.

Die Waschung des Koksmaterials von Filter IV über dem zu diesem Zweck geleerten Filter II vollzog sich in derselben Weise wie bei der Waschung der Koksfüllung von Filter III in Filter I. Die hiebei erhaltene Schlammmenge betrug 9 cbm; oder, wenn man etwa drei Viertel des Filtermaterials mit 54 cbm als verschlammt annimmt (das obere Viertel des Filterkörpers war ja seit längerer Zeit nicht mehr von der Wasserfüllung in Anspruch genommen), so ergibt sich eine Schlammmenge von $\frac{9}{54}$ = 170 l im cbm Filtermaterial = 0,5 l auf 1 cbm Abwasser, also nicht ganz die Hälfte derjenigen im Filter III.

Der Verlust an Koks bei diesem feineren Material betrug etwa 6,5 cbm. Man hat also beim Waschen der Koksfüllung mit einem Materialverlust von rund 7—9 % zu rechnen.

Der Koks von Filter II wurde über dem Becken dieses Filters gewaschen und sofort wieder eingebracht. Die hierbei erhaltene Schlammmenge konnte nicht mehr gemessen werden. Der aus Filter III ausgewaschene Schlamm enthielt nach der Untersuchung des chem. Laboratoriums

83 % Wasser,
6,3 % organische Stoffe,
10,6 % mineralische Stoffe.

Die mikroskopische Untersuchung durch dasselbe ergab einen Gehalt an Kokspartikelchen; tierische oder pflanzliche Organismen fehlten. Von einer Anzahl Kokskörner wurde im Laboratorium, vor

Digitized by Google

dem Waschen des Filtermaterials, der an ihnen haftende Schlamm entfernt und untersucht. Dieser Schlamm hatte 72 % Wassergehalt, und unter dem Mikroskop zeigte sich ebenfalls, dass der Schlamm im wesentlichen aus Schmutzpartikelchen und Holzfragmenten bestanden hat (susp. Stoffe) und daneben nur einige einzellige Algen, Milben und Würmer enthielt. Auch der aus Filter IV ausgewaschene Schlamm war nach dem mikroskopischen Befund aus etwa gleichen Teilen Koks und Schmutz zusammengesetzt und enthielt nur vereinzelte tierische Lebewesen, während pflanzliche Gebilde fehlten.

Der von beiden Schlammsorten in lufttrockenem Zustand bestimmte **Heizwert** ist wegen des grossen Koksgehalts verhältnismässig hoch. Derselbe ist für den Schlamm aus Filter III bei

45 % Feuchtigkeit und } (auf offenen Lagern
55 % Trockensubstanz mit } getrocknet)
23,8 % Asche = 4454 Kalorien

(entsprechend etwa dem Heizwert der erdigen Braunkohle)

für den Schlamm aus Filter IV bei

44 % Feuchtigkeit und } (auf offenen Lagern
56 % Trockensubstanz mit } getrocknet)
26,7 % Aschenrückstände = 4446 Kalorien.

Wenn Koks als Filtermaterial verwendet würde, wäre demnach der ausgewaschene Filterschlamm durch Verbrennen wohl zu beseitigen. Nur ginge diese Annehmlichkeit auf Kosten des Verlusts von teurem Filtermaterial.

Im ganzen sind 220 cbm Koks gewaschen worden. Die Ausgaben an Arbeitslöhnen für das Waschen waren etwas hoch, weil man für Versuchszwecke auf Zuhilfenahme maschineller Einrichtungen verzichtete. Auch musste ein Teil des Filtermaterials zweimal geworfen werden, bis es auf der Waschtafel lag, und nach dem Waschen musste so lange gewaschenes Material beiseite gelagert werden, bis im Filter zum Einbringen durch Entfernen der verschlammten Koksfüllung genügend Platz geschaffen war. Mit Waschung eines Filters waren 4—5 Arbeiter je 6—7 Tage lang beschäftigt. Das Waschen verursachte daher einen Aufwand von 2 M. pro cbm Filtermaterial. Das Wasser zum Waschen reichte in der Stärke des jeweils an den Nachmittagen vorhandenen kleinsten Kanalwasserzuflusses gerade für die beschriebene Art der Waschung aus. Da das Wasser der Waschtafel mit natürlichem Gefäll und auf einfachste Weise zugeleitet werden konnte und ausreichend vorhanden war, so ist man nicht genötigt

gewesen, besonders sparsam damit umzugehen. Der Wasserverbrauch betrug etwa 3,5 cbm für das Waschen von 1 cbm Filtermaterial. (Dunbar gibt die Kosten des Waschens zu 1,50 M. pro cbm Schlacke an bei 38 Pf. Stundenlohn, der auch unserer Berechnung zu Grund gelegt ist, und den Wasserverbrauch zu 0,8 cbm für 1 cbm Schlacke; vgl. Dunbar und Thumm, Beitrag zum derzeitigen Stand der Abwasserreinigungsfrage 1902, S. 114.)

Wenn nun das Wasser noch gehoben werden muss oder nur in geringer Menge zur Verfügung steht und besonders zu beschaffen ist, so verteuert sich das Waschen noch um die Kosten der Wasserbeschaffung.

Ebenso kommen noch die Kosten für den Ersatz des Filtermaterials hinzu, die bei teurem Filtermaterial mit 0,07—0,09 cbm auf 1 cbm Filterinhalt immerhin ins Gewicht fallen. Wenn das Waschen öfters nötig werden sollte, so würde das eine erhebliche Verteuerung des biologischen Verfahrens bedeuten.

Schluss.

Dies sind die wichtigsten Ergebnisse, welche bis jetzt beim Betrieb der hiesigen Versuchskläranlage erzielt worden sind. Die Versuche sind damit aber noch nicht abgeschlossen. Weitere Versuche mit dem Dauerbetrieb unter Verwendung von Kies als Filtermaterial und mit verschiedenen Arten der Wasserverteilung sind im Gang. Demnächst soll auch eine Filterpresse zur Entwässerung des Schlamms Aufstellung finden. Ausserdem ist ein Versuch mit dem Kohlebreiverfahren unter Verwendung von Torf in einer der bestehenden Kohlebreikläranlagen geplant.

Auf Grund der seitherigen Versuche kann aber, vorbehaltlich späterer Ergänzung, immerhin ausgesprochen werden:

1. Die Stuttgarter Abwässer lassen sich durch das sogenannte biologische oder Oxydationsverfahren mit vorausgehender Vorreinigung in Faulraum oder Sedimentierbecken in weitgehendem Masse reinigen. Dem Verfahren haften aber noch gewisse Mängel an, die unter Umständen hohe Betriebskosten verursachen.

2. Die Bedeutung der einzelnen Bestandteile der Anlage für die Gesamtwirkung, wie sie sich im Durchschnitt bei allen Betriebsarten aus den Versuchen ergibt, ist die aus nachstehender Zusammenstellung ersichtliche:

Teil der Kläranlage	Suspendierte Stoffe			Permanganatverbrauch		
	mg im l	Abnahme %	Anteil an der Reinigung %	mg im l	Abnahme %	Anteil an der Reinigung %
Rohwasser	652—2403	—	—	413.2—740	—	—
Faulraum oder Sedimentierbecken . .	218—381	66,6—84.1	74—85	289,5—351	23.7—52.7	33—62
Obere Filter . . .	43—150	89.3—97	25—13	121.3—232	55.2—80.3	44—32
Untere Filter . . .	30—91	90—98,8	1—2	90,8—133.9	72.1—85,4	23—6

3. Da wir schon in der Vorreinigungsanlage durch Sedimentieren bezw. durch Umsetzungsprozesse bei den suspendierten Stoffen vier Fünftel und bei den gelösten fäulnisfähigen Stoffen die Hälfte der Gesamtwirkung der Kläranlage erreichten, wird für hiesige Verhältnisse die Reinigung in Sedimentierbecken nach der Art der von uns bei dem Versuch betriebenen genügen, auch wenn Wasserspülaborte an die Kanäle angeschlossen werden, so lange dadurch das Abwasser gegenüber seiner jetzigen Beschaffenheit nicht ganz wesentlich verschlechtert wird.

4. Wenn dieser Fall eintritt, und dann eine weitergehende Abwasserreinigung für nötig erachtet wird, so könnte man sich, wenn man das biologische Verfahren wählt, wenigstens mit einer einstufigen Anlage begnügen, da die Wirkung der zweiten Filter verhältnismässig nur noch gering ist.

Der Betrieb der Filter kann intermittierend oder kontinuierlich eingerichtet werden.

5. Beim intermittierenden Betrieb kann der Verminderung der Aufnahmefähigkeit des Filtermaterials durch Auflockerung desselben entgegengewirkt werden.

Einstündiges Vollstehen des Filters ergibt kein wesentlich schlechter gereinigtes Abwasser als zweistündiges Stehenlassen des Wassers.

6. Beim kontinuierlichen Betrieb konnte eine grössere Wassermenge bei gleicher Menge des Körpermaterials gereinigt werden als beim intermittierenden. Ausserdem schien mit dem kontinuierlichen Betrieb eine etwas bessere Reinigung erzielt zu werden. Ob diese Wirkung aber auch bei längerer Dauer des Betriebs anhält, muss noch durch weitere Beobachtung ermittelt werden.

7. Die Zahl der Bakterien ist in keinem unserer Versuche bei

der biologischen Abwasserreinigung in nennenswertem Masse verringert worden. Man wird daher für den Fall des Ausbruchs von Epidemien auf die Desinfektion der Abwässer Bedacht nehmen müssen.

8. Koks und Schlacke haben sich als Filtermaterialien gut bewährt. Wie lange dieselben noch in Verwendung bleiben können, muss erst festgestellt werden.

9. Für die Frage der Schlammbeseitigung haben wir noch keine befriedigende Lösung gefunden.

Sowohl aus dem Faulraum als aus dem Sedimentierbecken müssen Schlammrückstände entfernt werden. Die bei der Reinigung im Faulraum sich ansammelnde Schlammmenge betrug nur zwei Drittel derjenigen, die man bei mechanischer Reinigung in Sedimentierbecken erhält.

Ausserdem ist Schlamm aus den Filtern zu entfernen. Beim intermittierenden wie auch beim kontinuierlichen Betrieb wird von Zeit zu Zeit eine Entschlammung des ganzen Filters oder wenigstens der obersten Schichten desselben in Aussicht genommen werden müssen.

Die Beseitigung des Schlamms aus der Kläranlage sowie das Fortschaffen oder Vernichten desselben ist mit erheblichen dauernden Unkosten verbunden.

Nachschrift: Die vorliegende Arbeit haben wir gern in unseren „Mitteilungen“ gebracht, weil sie mit ihrem tatsächlichen und sorgfältig gesichteten Material zur Klärung der schwebenden Fragen beiträgt und zur Erhärtung der auch von anderen Stellen gewonnenen Ergebnisse dient. Die Redaktion.

2.

Gutachten über die Zulässigkeit der Fäkalienabschwemmung der Stadt Hanau in den Main.

Erstattet im Auftrage des Magistrats der Stadt Hanau von der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Berichterstatter:

Prof. Dr. **M. Marsson**, Privatdoc. Dr. **O. Spitta**, Dr. **K. Thumm**.

Wissenschaftliche Mitglieder der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung und Unterlagen 60–64
Disposition des Gutachtens 64–65
Das Hanauer Abwasser 65–70
Das Mainwasser oberhalb der Stadt, Mainkanal und Kinzig. Tabellenerklärung 70–75
Verunreinigung des Mains durch die Hanauer Abwässer und andere Faktoren 75–80
Voraussichtlicher Einfluss der Fäkalienabschwemmung und der Stadtvergrösserung auf den Reinheitsgrad des Maines. Infektionsgefahr und Wasserwerk 80–86
Voraussichtlicher Einfluss der Mainkanalisierung 86–87
Resultate 87–89
Urteil 90–91
Anlagen . . . . 92 ff.

Seit längeren Jahren beschäftigt die Kanalisationsfrage die Stadt Hanau. Der am 20. April des Jahres 1891 der Königlichen Regierung vorgelegte Kanalisationsentwurf des Baurats Lindley sah für die Stadt das Mischsystem vor.

Der provisorische Hauptauslass fand sich am Mainkanal; als definitive Ausmündungsstelle wurde eine Stelle am Main ausersehen, welche in der Verlängerung der Philippsruher Allee liegt.

Nach langwierigen Verhandlungen gestattete die Regierung unter dem 25. April 1896 die Einleitung der Kanalisationswässer in den Main einstweilen nach Massgabe des vorgelegten Projektes ohne besondere Vorbehandlung. Die förmliche Genehmigung wurde indessen erst am 13. Juli 1896 erteilt, nachdem die Stadt sich zu folgenden Bedingungen verstanden hatte:

1. Einleitung der Abwässer mitten in den Strom;
2. Fernhaltung der Fäkalien;
3. Herstellung ausreichender Reinigungsanlagen für den Fall der Fortführung der Mainkanalisation bis Hanau, bei starkem Anwachsen der Bevölkerung oder bei eintretenden Missständen;
4. durch den Regenauslass A dürfen bei Hochwasser nur dann Abwässer in den Mainkanal eingeleitet werden, wenn die Stadt sich zur Räumung des Mainkanals auch fernerhin versteht.

Das Hauptsiel war Mitte Juli 1897 fertiggestellt.

Auf Ersuchen der Stadt gab sodann Prof. Carl Fraenkel unter dem 14. März 1898 betreffs der Zulässigkeit der Einleitung auch der Fäkalien in den Main sein Gutachten dahin ab, dass die Einleitung unbedenklich gestattet werden könne, wenn durch eine mechanische Klärvorrichtung dem gesamten Abwasser vorher 60—75 % der suspendierten Stoffe entzogen würden; bei Epidemien müsste dann noch eine Desinfektion des Abwassers stattfinden.

Der auf Grund dieses Gutachtens bei der Regierung gestellte Antrag, die Einleitung der gesamten Abwässer einschliesslich Fäkalien in den Main unter den genannten Bedingungen zu gestatten, wurde unter dem 29. November 1899 abgelehnt. Es geschah dies hauptsächlich in Rücksicht auf die wachsende Bevölkerungszahl und die projektierte Mainkanalisierung. Zu einer diesen Verhältnissen Rechnung tragenden Abwässerreinigung wurden Filter mit entsprechendem Filtermaterial und intermittierendem Betrieb als zweckentsprechend erachtet.

Bei dieser Sachlage hat es die Stadt Hanau als notwendig erkannt, die Situation durch chemische und bakteriologische Untersuchung der Hanauer Abwässer, sowie des Vorfluters zu klären und objektive wissenschaftliche Unterlagen für die Entscheidung der Behörden beizubringen.

Zu diesem Zwecke ist seitens der Stadt die Mitwirkung der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässer-

Digitized by Google

beseitigung zu Berlin nachgesucht und ihr die Aufgabe gestellt worden, in sachgemässer Weise das Material zu beschaffen, nach welchem geurteilt werden kann, ob die Einführung der Fäkalien in die Siele und die Abschwemmung derselben in den Main vom Standpunkt der öffentlichen Gesundheitsinteressen zugelassen werden kann, und bejahenden Falles unter welchen Bedingungen. Es wurde zu diesem Zweck um die Entsendung eines Mitgliedes der Anstalt gebeten.

In Erledigung dieses Auftrages begab sich am 23. Juli 1902 das wissenschaftliche Mitglied der Anstalt Dr. Thumm nach Hanau.

Ueber das Resultat der daselbst s. Zt. vorgenommenen Besichtigung und Voruntersuchung gibt das unter dem 16. Januar v. Js. erstattete Gutachten der Anstalt Auskunft. In demselben vertrat die Anstalt folgende Ansicht:

„Zur abschliessenden Beantwortung der eingangs gestellten Frage: Unter welchen Bedingungen kann die Einführung der Fäkalien in die Siele und ihre Abschwemmung in den Main gestattet werden, reichen die bislang vorliegenden Analysenergebnisse unseres Erachtens nicht aus, und wir halten es nach Prüfung aller uns zur Verfügung gestellten Unterlagen und aller in Betracht zu ziehenden Verhältnisse zur Beantwortung der dortseits gestellten Frage für geboten, weitere Unterlagen zu schaffen, d. h. noch eine Reihe von Untersuchungen und zwar in der Art auszuführen, wie sie seitens unseres Sachverständigen geübt wurde. Immerhin ist man nach den bisher angestellten Untersuchungen und Feststellungen zu der vorläufigen Auffassung berechtigt, dass auch bei Einleitung der Fäkalien in die Kanäle eine mechanische Reinigung der Hanauer Schmutzwässer ausreichen wird, um die Einleitung der so geklärten Wässer in den Main zu gestatten, und dass eine weitergehende, sei es chemische, sei es biologische etc. Behandlung derselben zu diesem Behufe voraussichtlich nicht erforderlich sein wird.

Auch bezüglich des für die Stadt sehr wichtigen Punktes, ob die Ausmündungsstelle der geklärten Abwässer nach einer Stelle unterhalb des städtischen am Main gelegenen Wasserwerkes voraussichtlich wird verlegt werden müssen, oder ob sie an dem jetzigen Orte (2 km oberhalb des Wasserwerkes) wird verbleiben dürfen, kann man jetzt schon soviel sagen, dass bei

Beachtung gewisser Vorsichtsmassregeln bei dem Betriebe des Wasserwerkes (insbesondere bei Vermeidung übermässiger Inanspruchnahme), wie sie sich nach Angabe dort einhalten lassen, die jetzige Einmündungsstelle voraussichtlich wird beibehalten werden können, ohne dass eine schädliche Beeinflussung des Grundwassers durch das Flusswasser zu befürchten wäre. Wichtig ist hierfür auch der Umstand, dass die Stadt noch ein zweites vom Main unabhängiges Wasserwerk besitzt, welches unter Umständen bezüglich der Wasserbeschaffung unterstützend eingreifen resp. sogar den Hauptbedarf an Trinkwasser decken kann.

Die hier ausgesprochene Ansicht über die voraussichtlich mögliche Gestaltung der Klärung der Abwässer und die zulässige Stelle ihrer Einmündung ist, wie gesagt, nur als vorläufig anzusehen. Um über alle die genannten Punkte Gewissheit zu erlangen, sind, wie bereits bemerkt, noch weitere Untersuchungen erforderlich.“

Dieselben wurden dann — 11 an der Zahl — von März bis September 1903 nach einem von der Anstalt aufgestellten Plane von dem Vorsteher des öffentlichen chemischen Laboratoriums zu Hanau Herrn Dr. Rau mit Unterstützung des Baumeisters Herrn Joannini ausgeführt. Ersterer war zu diesem Zweck in vorübergehender Tätigkeit in der Anstalt über die seitens derselben geübten Methoden eingehend unterrichtet worden.

Es erschien ausserdem angezeigt, für die Gesamtbeurteilung aller Verhältnisse und Verunreinigungsursachen, welche auch schon oberhalb der Einmündung der Hanauer Abwässer in Betracht kommen, dem Magistrat der Stadt Hanau eine systematische biologische Untersuchung des Mainflusses vorzuschlagen. Dieselbe wurde mit Einverständnis des Magistrats am 15.—18. Mai 1903 durch das Anstaltsmitglied Prof. Dr. Marsson vorgenommen, und zwar wurde die Flussstrecke von oberhalb Aschaffenburg bis unterhalb des Nadelwehres vor Frankfurt biologisch untersucht.

Nachdem es an der Hand der auf diese Weise geschaffenen Unterlagen ausführbar erschien, eine abschliessende Beurteilung in Sachen der Hanauer Abwässerbeseitigung abzugeben, ersuchte die Anstalt unter dem 7. September 1903 um die Uebersendung aller sich auf die vorliegende Frage beziehenden Unterlagen mit der Bemerkung,

dass die seitens des Herrn Dr. Rau bisher ausgeführten periodischen Untersuchungen am Main vorläufig nicht weiter fortgesetzt zu werden brauchten.

Die für die Beurteilung der Verhältnisse nunmehr zur Verfügung stehenden Unterlagen sind folgende:

1. Verwaltungsberichte der Stadt Hanau für die Jahre 1891/99, sowie aktenmässige Darstellung der Verhandlungen über die Einleitung der gesamten Sielabwässer einschliesslich der Fäkalien in den Main seit der Drucklegung des letzten Berichtes.
2. Angaben über Abwassermengen und Mainwassermengen, über die Beschaffenheit der Sielwässer im Laufe des Tages und der Woche, über die Beschaffenheit des Main- und Kinzigwassers.
3. Angaben über den Wasserverbrauch Hanaus, sowie über die Zusammensetzung des Leitungswassers bei normalem Mainwasserstand und bei Hochwasser.
4. Graphische Darstellungen und sonstige Angaben, betreffend die Abwassermengen Hanaus, die Wasserführung, die Stromgeschwindigkeit und das Gefälle von Main und Kinzig.
5. Die Ergebnisse der Voruntersuchung des Hanauer Abwassers, sowie des Main- und Kinzigwassers vom 25. Juli 1902, ausgeführt durch Dr. Thumm.
6. Das im Anschluss an diese Untersuchung erstattete Gutachten der Anstalt.
7. Die systematischen Untersuchungen des Herrn Dr. Rau.
8. Bakteriologische Untersuchungsergebnisse des Wassers aus dem Wasserwerk I bei dem Hochwasser Dezember 1902 bis Januar 1903.
9. Der angefügte Bericht des Prof. Marsson vom 7. Juli 1903.
10. Schreiben des Dr. Rau vom 23. November 1903.
11. Schreiben des Magistrats der Stadt Hanau nebst Anlagen vom 31. Dezember 1903.

Behufs der zu erstattenden Begutachtung werden nun zunächst folgende Punkte aus den Unterlagen klarzustellen sein:

1. Wie gross ist die bisherige Menge und wie ist die bisherige Beschaffenheit der Hanauer Abwässer?
2. Wie gross ist die Wasserführung des Mains und wie ist, physi-

kalisch, chemisch, bakteriologisch und biologisch beurteilt, die Beschaffenheit des vor Hanau ankommenden Mainwassers an trockenen Tagen?

3. Wie ist, dementsprechend, die Beschaffenheit des Wassers vom Mainkanal und die Wasserführung und Wasserbeschaffenheit der Kinzig?
4. Ist eine Verunreinigung des Mainflusses durch die Abwässer der Stadt Hanau bisher nachzuweisen?
   Wenn ja, auf welchen Stromseiten zeigt sich dieselbe besonders und auf welche Entfernung hin?
5. Ueben veränderliche äussere Faktoren, Jahreszeit, Regenfälle, verschiedene Wasserstände einen Einfluss aus auf die Beschaffenheit des Flusswassers?
6. Ist eine nennenswerte Steigerung der bisher konstatierten Verunreinigung des Mainwassers zu erwarten, wenn gleichzeitig die Fäkalien abgeschwemmt werden, und wie gross wird dieselbe voraussichtlich sein?
7. Wie steht es mit dem Wachstum der Stadt?
8. Wird durch das Einschwemmen der Fäkalien eine gesteigerte Infektionsgefahr seitens des Flusswassers für die Unterlieger, im speziellen für das Wasserwerk Hanau geschaffen? Genügen die bestehenden Vorschriften über Anzeigepflicht bei ansteckenden Krankheiten und über Desinfektion?
9. Wie hoch wird der Einfluss der Mainkanalisierung auf die Selbstreinigung des Mains zu veranschlagen sein?

Nach Klarstellung dieser Punkte wird dann die Beantwortung der zur Begutachtung stehenden Frage geschehen können, die sich wie folgt formulieren lässt:

> Welcher Reinheitsgrad ist unter Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Verhältnisse von den dem Main zu überantwortenden Abwässern der Stadt Hanau jetzt und später zu verlangen, und auf welchem Wege wird dieser Reinheitsgrad am zweckmässigsten erzielt werden?

Die Stadt Hanau mit z. Zt. rund 30 600 Einwohnern, dicht oberhalb der Einmündungsstelle der Kinzig in den Main gelegen, ist mit einem Sielnetz versehen, welches z. Zt. die häuslichen Schmutzwässer einschliesslich der Strassen- und Regenwässer, aber ausschliesslich der Fäkalien, durch das an der Philippsruher Allee etwa 250 m

Digitized by Google

unterhalb des Abganges des Mainkanals vom rechten Stromufer her eingebaute Hauptsiel in den Stromstrich des Maines abführt. Vor der Ausmündung ist ein Sandfang mit grobem Gitter eingeschaltet, durch welches die gröbsten Schwimm- und Schwebestoffe von der Vorflut zurückgehalten werden. Neben diesem Hauptauslass sind gegenwärtig noch zwei Notauslässe eingerichtet, durch welche bei Sturzregen das Sielnetz entlastet wird.[1]) Der eine mündet an dem dem Main abgewendeten Ende des Mainkanals, der andere im Zuge der Mainstrasse, etwa 900 m oberhalb der Abzweigung des Mainkanals, in den Main. Gittereinrichtungen sind an diesen Notauslässen nicht vorhanden. Bei Mainhochwasser liegen alle genannten Ausmündungen im Hochwasser. Es werden sodann die Kanalsysteme durch Schieber vom Main abgesperrt und das Sielwasser von der Pumpstation am Kanaltor aus in den Mainkanal übergepumpt. Ein grober Rechen hält hier die gröberen Schwimmstoffe von den Pumpen frei.

Zu 1. Die Abwassermenge, welche die Stadt täglich liefert, setzt sich zusammen aus den Brauchwässern aus den Haushaltungen und Gewerbebetrieben, aus dem aus der Kinzig stammenden Kanal-Spülwasser und gelegentlich aus dem Regenwasser.

An gewerblichen Abwässern kommen in Betracht: Abwässer aus mehreren grossen Bierbrauereien, Färbereiabwässer (eine mittelgrosse Fabrik), Bijouterieabwässer (dürfen nicht mehr als 1 % freie Säure enthalten), Abwässer der Gasanstalt und des Schlachthauses.

In dem Bericht der Stadt Hanau an den Regierungspräsidenten vom 4. März 1903 wird die 24stündige Menge der Abwässer ohne Spülwässer im Durchschnitt zu 5073 cbm angegeben, d. h. (bei 30 000 Einwohnern) zu 169 l pro Kopf und Tag. Davon liefert das Wasserwerk durchschnittlich 100 l; der Rest stammt aus Einzelbrunnen, namentlich gewerblicher Anlagen. Zuzüglich der Spülwässer beträgt die 24stündige Sielwassermenge durchschnittlich 18317 cbm. Das Spülwasser stammt aus der die Stadt im Norden und Westen umziehenden Kinzig. Dieselbe speist mit ihrem Wasser die die Stadt um- und durchfliessenden Stadtgräben und spült durch letztere mittelbar, sowie auch unmittelbar die Kanäle.

Die Menge der Sielwässer kann, dem erwähnten Bericht zur Folge, bei ausserordentlichem Betriebe erheblich ansteigen.

1) Der Notauslass C (Lamboybrücke) spielt gegenwärtig noch keine Rolle.

Digitized by Google

Nach einer graphischen Darstellung der Abwassermengen während 24 Stunden im November 1901 tritt das Abwassermaximum mit 77 Sekundenliter um 12^{30} mittags ein, das Abwasserminimum um 1^{00} nachts mit 40 Sekundenliter.

Was die Qualität der Sielwässer anlangt, so mag zunächst bemerkt werden, dass jedes Haus Hofsinkkästen besitzt und dass in den Strassen sich ebenfalls grosse Sinkkästen resp. Schlammfänge finden. Die Metzgereien, Gasthäuser u. s. w. besitzen Fettfänge.

Die Strassensinkkästen werden von Seiten der Stadt gereinigt.

Auch die Kehrichtabfuhr befindet sich in städtischer Regie (seit 1900). Die Entleerung der Abortgruben wird seitens der Stadt gegen Gebühren mittelst Dampfluftpumpen und Tonnenwagen ausgeführt (Verwaltungs-Bericht 1895/99 S. 156). Durch die Vermehrung der Anschlüsse von Klosetts an die Wasserleitung häuften sich Ende 1899 die Anmeldungen derart, dass vom 18. bis 31. Januar 1900 ausser dem regelmässigen Betrieb noch abends von 6 bis 10 Uhr wasserhaltige Latrine abgefahren werden musste.

Das Abwasser der Stadt Hanau bei normalem Betriebe (mit Einlass des Spülwassers) zeigt nach den vorliegenden Analysen folgende Zusammensetzung:

Bei zwei der Anstalt in Abschrift mitgeteilten sich ergänzenden Untersuchungen am 9. und 14. Mai 1901 wurden stündlich von 7 Uhr früh bis zum anderen Morgen um 6 Uhr Proben genommen und analysiert. Während dieser Zeit wurde als Maximum, Minimum und Mittel gefunden:

	mg im Liter					Keime pro ccm
	Gesamtrückstand	Suspendierte Stoffe	Chlor	Ammoniakstickstoff	Organischer Stickstoff	
Maximum . .	974	648	137	10,0	13	524 000
Minimum . .	246	6	35,1	2,3	2,2	50 560
Mittel . . .	486	163	55,7	4,5	6,4	174 586

Die höchsten Werte fallen dabei, wie gewöhnlich, auf die Vormittagsstunden (10—11) und die ersten Nachmittagsstunden (2—5), die niedrigsten im allgemeinen in die späteren Nachtstunden. Diese Analyse kann nur mit einer gewissen Einschränkung verwendet

werden, insofern, als in die Untersuchungszeit ein zwischen 6½ und 7 Uhr abends des ersten Versuchstages niedergehender Gewitterregen hineinfiel.

In einer zweiten Untersuchungsreihe wurden Abwasserproben nur am Tage (stündlich von morgens 8 Uhr bis abends 7 Uhr) entnommen, gleiche Mengen der stündlichen Proben gemischt und dann untersucht, und diese Untersuchung in dieser Weise eine ganze Woche mit Ausnahme des Sonntags hindurch fortgeführt (vom 22. bis 27. Juli 1901). Als Mittelzahlen für die Wochentage wurden dabei folgende gefunden (mg für das Liter):

Gesamtrückstand	Glührückstand	Glühverlust	Suspendierte Stoffe		Ammoniakstickstoff	Nichtflücht. org. N	Chlor	Organ. Kohlenstoff nach König		Sauerstoffverbrauch
			anorganisch	organisch				gelöst	suspendiert	
642	394	248	107	108	5,9	9,3	97,3	27	51,3	39,9

Wenn auch diese letzte Zahlenreihe deswegen keine wirklichen Durchschnittswerte liefert, weil bei der Entnahme und Zusammenmischung die in den einzelnen Tages- und Nachtstunden wechselnde Abwassermenge nicht berücksichtigt worden ist, so gibt sie doch ausreichende Anhaltspunkte über die Konzentration der Hanauer Abwässer, und jedenfalls wohl eher zu hohe als zu niedrige Werte. Die Beschaffenheit des Hanauer Abwassers unter Anschluss des Spülwassers in den Stunden von 8 Uhr vormittags bis 7 Uhr nachmittags wurde ferner am 15. Juli 1901 durch Untersuchung von stündlich entnommenen Einzelproben festgestellt. Wenn auch sehr erhebliche Schwankungen im Gehalt dieser Proben nicht zu bemerken sind, so finden sich höhere Zahlen (z. B. für den Gesamtrückstand) einmal um 11 Uhr vormittags und dann um 4 Uhr nachmittags. Als Durchschnittswerte ergeben sich folgende:

Gesamtrückstand	Glührückstand	Glühverlust	Schwebestoffe		Ammoniakstickstoff	Nichtflücht. org. N	Chlor
			anorganisch	organisch			
715	386	329	56,3	100	11,6	12,2	110

In der von Dr. Thumm ausgeführten Voruntersuchung und den im gleichen Sinne weitergeführten systematischen Fluss- und Abwasseruntersuchungen von Dr. Rau wurden stets Proben von unverdünntem Abwasser aufgefangen (indem, wie bereits in dem ersten Gutachten der Anstalt[1]) erörtert ist, der Zufluss von Kinzigwasser hierbei abgestellt wurde) und auf äussere Beschaffenheit, Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure, Chlor, organischen Stickstoff, Oxydierbarkeit, Schwefelwasserstoff, Keimzahl und Fäulnisfähigkeit geprüft. Die Entnahme der Abwasserproben fand bei der Voruntersuchung zwischen 10 und 11 Uhr, bei den späteren Versuchen zwischen 9 und 10 Uhr vormittags statt, eine Zeit, in welcher das Abwasser meist schon seiner höchsten Konzentration nahe ist.

In Tabelle I sind diese Untersuchungsresultate zusammengestellt und zwar für trockene Tage und Regentage getrennt. Den gemachten Aufzeichnungen zur Folge waren unter den Untersuchungstagen nur zwei, an denen Regen fiel, und zwar der 24. April 1903 mit 6,2 mm Regenhöhe und der 14. September 1903 mit 0,5 mm Regenhöhe. Ob diese Regenfälle vor oder nach der Abwasserprobeentnahme liegen, mithin überhaupt ein Einfluss der Witterung auf die Zusammensetzung des Abwassers möglich war, ist nicht angegeben. Die Proben von diesen beiden Tagen sind in der Tabelle I für sich gestellt worden.[2]) Tabelle I.

Die in Tabelle I zusammengestellten Untersuchungsresultate des Hanauer unverdünnten Kanalwassers sind, trotzdem die Proben fast alle zu der gleichen Tagesstunde entnommen wurden, ziemlich schwankende, wie ja auch kaum anders zu erwarten war. Dessen ungeachtet geht mit Sicherheit aus ihnen hervor, dass das Hanauer Kanalwasser ein sehr wenig konzentriertes ist, selbst ohne Zugabe des Spülwassers aus der Kinzig. Besonders charakteristisch und auffallend ist, dass das Abwasser zum Teil nicht einmal mehr nachfaulte.

Nach König ist Kanalwasser in Städten, in denen die Abtritte an die Kanalisation nicht angeschlossen sind, im Mittel wie folgt zusammengesetzt. (Zum Vergleich mögen die Mittelzahlen aus der obigen Tabelle hinzugesetzt werden):

---

1) Vergl. oben S. 62. Redaktion.

2) In der Tabelle I sind einige Zahlen gekürzt, d. h. beim organischen Stickstoff die Dezimalen und bei der Keimzahl die Tausender.

Digitized by Google

	mg im Liter						
	Gesamt-rück-stand	Schwebestoffe an-orga-nisch	Schwebestoffe orga-nisch	Ammo-niak-stick-stoff	Organi-scher Stick-stoff	Chlor	Kaliumpermanganatverbrauch
Städt. Abwässer ohne Abtrittanschluss i. M. nach König . . .	1585	264	346	41	45	164	—
Mittel aus den periodischen Untersuchungen Hanau (unverdünnt) . . .	—	—	—	4	18	102	152
24 stündiges Mittel Hanau (verdünnt) .	486	163		5	6	56	—
Wochentagsmittel Hanau (verdünnt) .	642	107	108	6	9	97	160

Wie oben (S. 66) erwähnt, beträgt zuzüglich der Spülwässer die mittlere tägliche Abwassermenge Hanaus 18317 cbm, ohne die Spülwässer 5073 cbm. Unter Zugrundelegen der in der vorhergehenden Tabelle aufgeführten Mittelzahlen würden demnach seitens der Stadt Hanau in den Main hineingespült werden (an trockenen Tagen[1]):

	Unverdünnt.	Verdünnt. (24 stündiges Mittel.)
Gesamt-N. . . .	111,6 kg	201,5 kg
Gesamt-Rückstand	— „	8902 „
Chlor	517,4 „	1025,7 „

Es ist nun theoretisch und an der Hand der ausgeführten Untersuchungen zu erörtern, in welcher Weise diese eingeschwemmten Stoffe die Reinheit des Flusswassers beeinträchtigen.

Zu 2. Bevor indes darauf eingegangen wird, sind zweckmässig erst die nötigen Daten über den Mainfluss im allgemeinen, sowie über seinen Reinheitsgrad oberhalb der Stadt anzuführen.

Der Main, bei Hanau durchschnittlich 125 m breit, führt nach den etwas differierenden Angaben[2]) in den vorliegenden Unterlagen

1) Soweit die beiden an Regentagen ausgeführten Kanalwasseruntersuchungen überhaupt ein Urteil zulassen, ist das Hanauer Sielwasser an diesen Tagen nicht unerheblich dünner als an trockenen.

2) Aktenmässige Darstellung der Verhandlungen über die Einleitung der gesamten Sielwässer.

Wassermengenkurve bei verschiedenen Wasserständen am Pegel zu Offenbach.

je nach dem Wasserstande oberhalb der Kinzig 43,7 bis 3075 sec/cbm. Nach den sonstigen der Anstalt dortseits gemachten Mitteilungen[1]) beträgt die ungefähre Wassermenge des Mains unterhalb der Kinzig:

1. bei niedrigstem Wasserstand (0,7 m Hanauer Pegel) 53 sec/cbm,
2. bei einem Wasserstand von 1,03 m (Hanauer Pegel) 91 sec/cbm,
3. bei mittlerem Wasserstand (1,4 m Hanauer Pegel) 142 sec/cbm,
4. bei einem Wasserstand von 1,55 m (Hanauer Pegel) 168 sec/cbm.

Die Hochwässer steigen im Main bis zu 6,33 m (Hanauer Pegel), dabei führt der Main 3400 sec/cbm. Sie fallen wesentlich in die Winter- und Frühlingsmonate. Bei der Kinzig werden auch Sommerhochwässer beobachtet. Beim höchsten schiffbaren Wasserstand (4,52 m Hanauer Pegel) führt der Main 1075 sec/cbm Wasser.

Als Geschwindigkeit wurde im Main bei 1,03 m am Hanauer Pegel bei Kesselstadt 1,01 sec/m gemessen; doch sind, wie der den Akten beigefügte Lageplan zu den Geschwindigkeitsmessungen bei Kesselstadt zeigt, die Geschwindigkeiten an den einzelnen Stellen recht wechselnd (47 bis 138 cm in der Sekunde).

Was die chemische und besonders die bakteriologische Untersuchung des Mainwassers anlangt, so wurden keine Mischproben untersucht, sondern Proben von der linken und rechten Stromseite und aus der Strommitte getrennt entnommen und untersucht. Dies gilt zwar hauptsächlich für die Proben, welche unterhalb der Schmutzwassereinmündung entnommen wurden; aber auch oberhalb derselben wurde (allerdings in beschränktem Masse) die Teilung der Flussbreite bei der Probeentnahme und Probeuntersuchung durchgeführt.

Was die Ausdehnung der chemischen Prüfungen angeht, so wurde qualitativ auf etwa vorhandene salpetrige Säure und Salpetersäure, quantitativ auf Ammoniak, Chlor, Kaliumpermanganatverbrauch und bisweilen auf organischen Stickstoff untersucht. Daneben wurde selbstverständlich auch den äusseren Eigenschaften des Wassers gebührende Beachtung geschenkt.

Das Hauptgewicht wurde gelegt auf die Bestimmung des Ammoniaks einerseits und der Keimzahl andererseits, ersteres, weil man bei der Empfindlichkeit der zu seiner Erkennung führenden Reaktion hoffen durfte, durch sie eventuell auch wertvolle

---

1) Schreiben des Magistrats vom 31. Juli 1902. J.-No. B. 1298.

Aufschlüsse quantitativer Natur zu erhalten, wie dies bei der Voruntersuchung durch Dr. Thumm geschehen war, das zweite, weil die Bestimmung der Anzahl von entwicklungsfähigen Keimen immer noch als das feinste Reagens auf etwaige Verunreinigungen fliessenden Wassers gilt.

Tab. II—VIII. Während in Tabelle I die Resultate der Kanalwässeruntersuchung eingeordnet und aus ihnen die entsprechenden Durchschnittszahlen berechnet worden sind, sind in Tabelle II—VIII die Resultate der Flusswasseruntersuchungen verarbeitet worden. Ebenso wie bei den Kanalwasseranalysen wurden auch hier zwei Gruppen von Befunden von einander getrennt: die Befunde an trockenen Tagen und die Befunde an Tagen mit Regen oder unmittelbar nach Regen (Tags zuvor). Es decken sich daher die beiden Gruppen der Abwässer und der Flusswasseruntersuchung nicht, da bei ersteren, wie oben erwähnt, nur die Proben besonders gestellt wurden, welche an Regentagen selbst entnommen waren.

Die Nachwirkung von Regenfällen macht sich ja auf die Zusammensetzung des Flusswassers viel länger geltend (z. B. bei Niederschlägen im Oberlauf des Flusses) als bei dem relativ kleinen Niederschlagsgebiet des Kanalisationssystems einer Stadt. Eine absolut scharfe Trennung beider Gruppen ist natürlich nicht möglich.

Einen guten Anhaltspunkt bot auch im vorliegenden Falle meist die Durchsichtigkeit des Wassers, welche, so lange der Fluss sicher noch unter den Nachwirkungen eines Regens stand, herabgesetzt gefunden wurde.

Tabelle II führt, neben allgemeineren Angaben (Wasser- und Lufttemperaturen, Wasserständen, Niederschlägen), Resultate der Untersuchungen des Mainwassers oberhalb des Mainkanals, in die beiden Gruppen getrennt, auf mit den berechneten Durchschnittszahlen (Mittelzahlen).

Tabelle III enthält die entsprechenden Angaben über das Wasser des Mains oberhalb der Schmutzwassereinmündung (d. i. unterhalb der Einmündung des Mainkanals), Tabelle IV und V die Resultate der breiter angelegten Untersuchungen des Mainwassers unterhalb der Schmutzwassereinmündung bei Schloss Philippsruhe bezw. bei dem Wasserwerk.

In Tabelle VI und VII finden sich die Zusammenstellungen und Berechnungen betreffend das Wasser des Mainkanals bezw. der Kinzig.

Die Generaltabelle VIII fasst die gewonnenen Durchschnitts-

zahlen aus den einzelnen Teilen der Flussquerschnitte noch weiter zusammen, jedoch so, dass jede Reihe für sich studiert werden kann und nur in den Schlusskolumnen sich die Gesamtdurchschnittswerte finden.

Die beiden Tabellen bezw. Zeichnungen IX und X zeigen durch Eintragung der Mittelzahlen aus linker Stromseite, Mitte und rechter Stromseite (Keime und Ammoniak) in den schematischen Situationsplan wohl am übersichtlichsten den Weg, den das Sielwasser an trockenen Tagen im Flusse nimmt, und zum Vergleich die Verhältnisse an Tagen mit oder nach Regen. Tab. IX u. X.

Tabelle XI gibt schliesslich eine graphische Darstellung der bei der bakteriologischen Untersuchung des Mainwassers bei Hanau im Durchschnitt der Untersuchungsreihen gefundenen Bakterienzahlen, ebenfalls für trockene Tage und Tage mit oder nach Regen getrennt. Für die linke und rechte Stromseite, sowie die Mitte sind besondere Kurven entworfen und alle drei dann noch einmal durch eine Durchschnittskurve (dickere Linie) zusammengefasst. Tabelle XI.

Unter Zugrundelegung dieser Aufstellungen, sowie des in Anlage beigefügten Berichtes des Anstaltsmitgliedes Prof. Marsson können nun die weiteren oben aufgestellten Fragen wie folgt beantwortet werden: Anlage A.

Das vor Hanau anlangende Mainwasser ist nach den Untersuchungen von Dr. Rau seiner äusseren Beschaffenheit nach ein an trockenen Tagen fast stets klares, nur selten leicht opaleszierendes[1]), schwach gelblich gefärbtes, meist etwas rötlichen Bodensatz führendes, geruchloses Wasser. An Tagen mit oder nach Regen ist es häufig mehr oder minder getrübt[2]) und mit reichlicherem Bodensatz versehen. Die Reaktion des Wassers wurde fast durchgehends schwach alkalisch gefunden. Den übrigen Resultaten der chemischen Analyse und den Ergebnissen der bakteriologischen Untersuchungen nach ist das Wasser als ein noch ziemlich reines anzusehen. Etwas hoch erscheint lediglich der Verbrauch an Kaliumpermanganat (38 mg pro Liter), während der Chlorgehalt mit 16,3 mg, der Ammoniakgehalt mit 0,21 mg pro Liter und der Gehalt an entwicklungsfähigen Keimen mit 1593 pro ccm verhältnismässig gering genannt werden darf.

1) Durchschnittliche Durchsichtigkeit („über 20" = 20 gerechnet) 18,4 cm.
2) Durchschnittliche Durchsichtigkeit 14,3 cm.

Digitized by Google

Bei der am 15. Mai v. Js. vorgenommenen biologischen Untersuchung (Prof. Marsson) wurde das Mainwasser oberhalb des Mainkanals in bedeutend ungünstigerem Zustand angetroffen insofern, als damals das Mainwasser in seiner ganzen Breite mit durchschnittlich mehrere Centimeter dicken weisslich grauen und schleimigen Flocken (hauptsächlich Sphaerotilus natans) trieb, welche an einigen Stellen des Flussgrundes, wo Stauung stattfand, in Fäulnis übergegangen waren (Begutachtung der Proben 1—4. Prof. Marsson). Dieses Pilztreiben, welches auch in den Protokollen von Dr. Rau öfters erwähnt wird, scheint indes eine mehr zeitweise und vorübergehende Verunreinigung darzustellen.

Zu 3. Das Wasser der Kinzig, welche bei niedrigstem Wasserstande 2,3, bei mittlerem 5,0 und bei dem höchsten beobachteten 238 sec/cbm Wasser führt (vergl. Tab. VII), ist nach den systematischen Untersuchungen von dem Mainwasser chemisch deutlich verschieden. Noch deutlicher geht das aus den der Anstalt mitgeteilten Analysen vom 4. Juni 1901 hervor. Es ist ärmer an Gesamtrückstand, organischen (Glühverlust, Kaliumpermanganatverbrauch) und suspendierten Stoffen als das Mainwasser oberhalb Hanau, dagegen bedeutend reicher an Chlor.

Das Wasser des Mainkanals ist ein Mischwasser von wechselnder Zusammensetzung aus Main- und Kinzigwasser, indessen unter starkem Vorwiegen des Kinzigwassers, welches letztere vermittelst der Stadtgräben dem Mainkanal sich beimengt.

Folgende Uebersicht (S. 75) mag das Gesagte näher erläutern, wenn die daselbst verzeichneten Untersuchungen auch nicht alle zu gleicher Zeit und an genau denselben Stellen vorgenommen worden sind (die mit † bezeichneten Werte sind Zahlen aus den periodischen Untersuchungen von Dr. Rau[1]), die übrigen entstammen den genannten Analysen vom Juni 1901):

Da das gesamte Kinzigwasser, indirekt oder direkt, dem Main zuströmt, die Wassermenge der Kinzig aber nur etwa $^1/_{27}$ der Wassermenge des Maines beträgt, so wird sich ihr Einfluss auf die Zusammensetzung des Mainwassers unterhalb ihres Zuflusses in schwacher, aber immerhin deutlicher Weise zeigen müssen, und zwar nach dem oben Gesagten hauptsächlich in den Zahlen für Chlor und Kaliumpermanganatverbrauch. Dieses ist (vergl. Tab. VIII) auch tatsächlich der

1) An trockenen Tagen.

Entnahmestelle	mg pro Liter						
	Gesamtrückstand	Glühverlust	Kaliumpermanganatverbrauch †	Suspendierte Stoffe		† Chlor	† Keime in einem ccm
				anorganisch	organisch		
Kinzigwasser . .	213	73	11—24	10	4	17—63	1080—3600
Mainwasser oberhalb Hanau . .	312	92	30—47	24	8	9—21	510—2960
Mainkanal kurz vor dem Eintritt in den Main . .	—	—	13—26	—	—	18—63	1340—63 700

Fall: Unterhalb des Mainkanals ist das Wasser des Mains durchweg reicher an Chlor und zeigt einen niedrigeren Kaliumpermanganatverbrauch als das Mainwasser oberhalb des Mainkanals.

Daraus und aus der weiter unten aufgestellten Rechnung über den rechnerisch nachweisbaren Einfluss der Hanauer Schmutzwässer darf man also u. E. den Schluss ziehen, dass die Steigerung des Chlorgehalts im Mainwasser unterhalb der Sieleinmündung nicht dem einströmenden Schmutzwasser zur Last gelegt werden darf.

Bei dem durch diese Verhältnisse bedingten variablen Chlorgehalt und Kaliumpermanganatverbrauch unterhalb der Einmündung von Mainkanal und Kinzig bleiben demnach als Indikatoren für eine etwaige Verschmutzung des Mains durch die Hanauer Abwässer fast allein noch übrig die stickstoffhaltigen Substanzen und die Anzahl der in 1 ccm gefundenen entwicklungsfähigen Keime.

Die Untersuchung auf organischen Stickstoff ist nur vereinzelt ausgeführt worden. Soweit sich aus diesen Zahlen ein Schluss ziehen lässt, unterscheiden sich der Main oberhalb Hanau und die Kinzig in Bezug auf den Gehalt an demselben nicht wesentlich von einander. Salpetersäure wurde im Flusswasser in der in Frage kommenden Untersuchungszeit nie gefunden, salpetrige Säure nur vereinzelt und in Spuren (unterhalb der Schmutzwassereinmündung) sowohl an trockenen wie an Regentagen. Was das Ammoniak anbetrifft, so übersteigt seine im Mainkanal durchschnittlich gefundene Menge die im Main nachgewiesene nicht unerheblich, während das Kinzigwasser durchschnittlich ärmer an Ammoniak ist. Im übrigen zeigen die Ammoniakzahlen aus den 4 untersuchten Querprofilen des Mains nur relativ geringe Schwankungen: 0,1 bis 0,25 bis 0,45 mg pro Liter. Eine interessante Erscheinung ist die, dass sehr vielfach

die Wasserproben, welche vom Grunde geschöpft wurden, den relativ höchsten Ammoniakgehalt aufwiesen. Auch bei den Keimzahlen fällt dieser Umstand vielfach auf, ohne indes so regelmässig zu sein, dass daraus bestimmte Schlüsse zu ziehen wären.

Wie vorauszusehen war und wie schon oben erwähnt wurde, liefern auch im vorliegenden Falle die Bakterienzahlen die wertvollste Handhabe zur Beurteilung der obwaltenden Verhältnisse.

Zu 4. Das ergibt auch zunächst schon die einfache rechnerische Ueberlegung.

Setzt man nämlich, wie üblich, die höchsten für gewöhnlich (an trockenen Tagen) zu erwartenden Abwassermengen in Beziehung zu den bei Niederwasser vorbeigeführten Flusswassermengen, so lässt sich das Verdünnungsverhältnis wie folgt feststellen:

Nach dem oben (S. 66) Gesagten wird die 24stündige Abwassermenge ohne Spülwasser im Durchschnitt zu 5073 cbm angegeben, zuzüglich des Spülwassers zu 18317 cbm; es wäre demnach eine maximale sekundliche Abwassermenge[1]) zu erwarten im ersten Fall von:

$$\frac{5073000 \,.\, 3}{2 \,.\, 9 \,.\, 60 \,.\, 60 \,.\, 2} = 117{,}4$$

und im zweiten Fall von:

$$\frac{18317000 \,.\, 3}{2 \,.\, 9 \,.\, 60 \,.\, 60 \,.\, 2} = 424{,}0$$

Sekundenliter maximal.

Die Wasserführung des Mains bei Niederwasser wird, wie oben schon bemerkt, in den verschiedenen Aufzeichnungen nicht ganz identisch angegeben. Die Angaben schwanken zwischen 43,7 und 95 sec/cbm. Rechnet man mit einer gemittelten Zahl von rund 70 sec/cbm, so würde die maximalste sekundliche Abwassermenge ohne Spülwasser im Verhältnis von 1 : 596, die maximalste sekundliche Abwassermenge mit Spülwasser im Verhältnis von 1 : 165 durch das Mainwasser verdünnt werden.

Nach den in der Zeit vom 25. Juli 1902 bis 14. September 1903 seitens des Dr. Thumm und Dr. Rau ausgeführten Untersuchungen des Hanauer Kanalwassers mit Ausschluss der Spülwässer fanden sich (vgl. Tabelle I) in demselben an trockenen Tagen durchschnittlich:

---

1) Unter der Annahme, dass die Hälfte des gesamten Abwassertagesquantums in 9 Stunden abläuft und das Maximum das $1^1/_2$fache des Durchschnitts beträgt.

mg pro Liter				
Ammoniak	Chlor	Kalium-permanganat-verbrauch	Organ. N	Keime pro ccm
5	102	152	18	1 292 300

Das Mainwasser oberhalb der Sieleinmündung (unterhalb des Mainkanals) hat nach der Berechnung in Tabelle VIII einen Gehalt von:

mg pro Liter			
Ammoniak	Chlor	Kalium-permanganat-verbrauch	Keime pro ccm
0,19	24	34	3399

an trockenen Tagen.

Demnach müsste, theoretisch berechnet, im ungünstigsten Falle (eine gleichmässige Mischung vorausgesetzt) das Mainwasser nach Aufnahme der Schmutzwässer folgende Zusammensetzung aufweisen (mg im Liter):

Ammoniak . . . . $\frac{5 + 596 \cdot 0,19}{597} = 0,198$

Chlor . . . . $\frac{102 + 596 \cdot 24}{597} = 24,1$

Kaliumpermanganat-Verbrauch $\frac{152 + 596 \cdot 34}{597} = 34,2$

Keime . . . . $\frac{1292300 + 596 \cdot 3399}{597}$

= 5558 pro ccm; d. h. das durch die Verunreinigung gesetzte Plus würde betragen

Ammoniak	0,008	mg pro Liter.
Chlor	0,1	mg pro Liter.
Kaliumpermanganat-Verbrauch . .	0,2	mg pro Liter.
Keime	2159	pro ccm.

Wenngleich die theoretische Berechnung des Keimzahlzuwachses sich kaum jemals mit der unter gleichen Bedingungen wirklich praktisch gefundenen Keimzahl decken wird, weil bei ihr neben rein physika-

lischen Mischungsverhältnissen auch stets biologische Verhältnisse (Absterben und Vermehrung von Keimen bei veränderten Lebensbedingungen) eine wesentliche Rolle spielen werden, so ist doch das einleuchtend, dass die Keimzahlen an sich uns den besten Indikator abgeben müssen.

Physikalisch lässt sich die Verunreinigung des Mainstromes durch die Hanauer Abwässer nach den gegebenen Unterlagen nicht erweisen.

Was den chemischen Nachweis anbetrifft, so ist die Steigerung des Chlorgehaltes, wie oben (S. 75) auseinandergesetzt, auf das zugemischte Kinzigwasser resp. Mainkanalwasser zu beziehen und nicht auf das einströmende Sielwasser. Die Unterschiede im Ammoniakgehalt sind kaum nach irgend einer Richtung hin eindeutig.

Dagegen geben uns die gewonnenen Keimzahlen schon mehr Aufschluss. Wie am besten aus Tabelle (Zeichnung) IX und XI zu ersehen ist, findet ebenso wie unterhalb des Mainkanals noch ein weiteres Anwachsen der Keimzahl bis Schloss Philippsruhe (unterhalb der Sielwassereinmündung) durchschnittlich statt und zwar vorwiegend auf der rechten Stromseite und in der Strommitte. Die linke Stromseite wird durchschnittlich fast gar nicht beeinflusst. Bei dem Wasserwerk (ca. $2^1/_2$ km unterhalb der Kinzigeinmündung) nimmt die Keimzahl durchschnittlich bereits wieder ab. Das Schmutzwasser bewegt sich, den Keimzahlen nach zu urteilen, allmählich von der rechten Seite nach der Mitte zu. Die maximale Keimzahl wächst auf diesem Wege von 1701 über 4843 auf 6562 (Schloss Philippsruhe) und sinkt dann wieder (Wasserwerk) auf 4597. Im Gesamtdurchschnitt gerechnet (s. Tabelle VIII und XI) steigen die Zahlen von 1593 über 3399 auf 3822 (Schloss Philippsruhe), um dann beim Wasserwerk auf 2859 wieder abzusinken. Ob überhaupt und eventuell wo die Keimzahlen auf die ursprüngliche Höhe wieder zurückgehen, lässt sich auf Grund der vorliegenden Unterlagen nicht angeben.

Gelegentlich der biologischen Untersuchung konnte nur eine ganz geringe Beeinflussung des Vorfluters durch das Hanauer Sielwasser konstatiert werden (vergl. in dem betreffenden Bericht die Begutachtung der Proben 25—30).

Zu 5. Ein Einfluss der Jahreszeit auf die Beschaffenheit des Mainwassers ist aus den gegebenen Zahlen nicht sicher erkennbar, ebensowenig ein Einfluss der verschiedenen Wasserstände an

trockenen Tagen, wohl aber, wie das ja gewöhnlich beobachtet werden kann, ein Einfluss der atmosphärischen Niederschläge. Es mag in dieser Beziehung hervorgehoben werden, dass an Tagen mit oder nach Regen auch nach den vorliegenden Beobachtungen fast alle Werte in die Höhe gehen (vergl. Tabelle VIII und XI). Das Wasser wird undurchsichtiger, der Ammoniakgehalt steigt um mehrere hundertstel Milligramm, ebenso steigen Chlor und Oxydierbarkeit und vor allem die Keimzahl fast durchgehends bedeutend. Die folgende Tabelle zeigt die betreffenden Durchschnittswerte des besseren Vergleichs wegen nebeneinander gestellt:

tnahmestelle	Durchsichtigkeit		Ammoniak		Chlor		Kaliumpermanganatverbrauch		Keimzahl	
	trocken	Regen	trocken	Regen	trocken	Regen	trocken	Regen	trocken	Regen
ıwasser oberb Mainkanal	18,4	14,3	0,21	0,23	16,3	17,7	38,0	38,7	1593	5905
ıwasser oberb d. Schmutzssereinmünng	18,5	15,6	0,19	0,28	24,0	27,0	34,0	37,0	3399	7323
ıwasser bei ıloss Philippsıe	18,6	14,8	0,20	0,24	17,0	20,2	34,0	42,4	3822	4540
ıwasser am ısserwerk . .	18,6	15,3	0,20	0,23	17,5	22,0	33,4	37,6	2859	6538
ıkanal kurz r der Einmünng	18,0	16,4	0,35	0,49	42,0	42,1	17,0	19,0	12 346	12 009
zig	19,3	13,2	0,07	0,17	40,3	46,1	15,9	19,0	1649	9870

Es folgt aus diesen Beobachtungen, dass, wenn das Flusswasser bei Hanau unter dem Einfluss eines Regens steht, die gefundenen Zahlen schon oberhalb der Stadt meist bedeutend höher sind als an trockenen Tagen unterhalb der Sielwassereinmündung. Das Kurvenbild ist auch an solchen Tagen, gegenüber dem an trockenen Tagen gewonnenen, ganz unregelmässig verschoben (vergl. Tabelle X und XI).

Es liegt ausserhalb des Rahmens dieses Gutachtens, den Quellen nachzuspüren, aus welchen an solchen Tagen dem Mainfluss die Unreinigkeiten zufliessen; hingewiesen werden mag nur auf einen nicht ohne weiteres verständlichen Befund, dass sich nämlich an Regen-

tagen das Wasser des Mainkanals in seiner Qualität kaum verändert (vergl. die vorhergehende Tabelle), obgleich der Kanal für den einen Notauslass die Vorflut bildet.

Zu 6. Ist somit ein Bild gewonnen über die gegenwärtige Beschaffenheit des Mainwassers oberhalb und unterhalb der Stadt, so kann im Anschluss daran jetzt die Frage erörtert werden, ob das Mainwasser bei Hanau auch die weitere Belastung mit den Fäkalien von rund 31 000 Einwohnern vertragen wird, ohne dadurch in beträchtlicher und gefahrbringender Weise verunreinigt zu werden.

Diese Frage lässt sich nur auf rechnerischem Wege und nur annähernd beantworten. Die für die Verunreinigung im weiteren Sinne in Frage kommenden Bestandteile der menschlichen Exkremente sind, wenn man von der Frage der eventuellen Anwesenheit von Krankheitskeimen absieht, die in ihnen enthaltenen organischen Stoffe überhaupt. Nach den neuesten Berechnungen von Rubner[1]) liefert im Mittel eine Person pro Tag 23,7 g trockenen Kot und 56,6 g trockenen Harn. Von dem Kot kommen nur 21,8 g als organische zersetzliche Substanz in Frage, von dem Harn im wesentlichen nur 17,1 g, sodass im ganzen pro Kopf und Tag der Bevölkerung 38,9 g trockenes organisches Material mit 3,34 g Stickstoff dem Flusse zugeführt werden würde, d. h. für rund 31 000 Personen täglich etwa 1206 kg organisches Material mit etwa 104 kg Stickstoff. Von organischen Teilen des Kotes würden nach Rubners Untersuchungen rund 19 g mit 1,33 g Stickstoff, d. h. bei 31 000 Einwohnern 589 kg mit 41,2 kg Stickstoff ungelöst bleiben, demgegenüber also im ganzen organisches Material in Lösung gehen 1206 — 589 = 617 kg mit 104 — 41,2 = 62,8 kg Stickstoff.

Beide, gelöste und ungelöste organische Substanzen sind für die Frage der Flussverunreinigung von sehr verschiedener Bedeutung. Während die ersteren, wenigstens in Flüssen mit kräftiger Strömung, rasch der Oxydation anheimfallen, bilden die ungelösten, d. h. suspendierten organischen Substanzen viel schwerer angreifbare Objekte und können, durch das Niedersinken auf den Flussboden dem oxydierenden Einfluss des im Wasser gelösten Sauerstoffs mehr oder minder entzogen, leicht in faulige Zersetzung geraten.

---

1) Rubner, Das städtische Sielwasser und seine Beziehung zur Flussverunreinigung. Archiv f. Hygiene. 46. Bd. 1903. S. 1 ff.

Rechnen wir in der Art, wie dies schon oben (S. 76) geschehen ist, aus, wieviel im ungünstigsten Fall jedes Liter Mainwasser nach Aufnahme der Exkremente in das Kanalsystem mehr an gelöstem und ungelöstem organischen Material und gelöstem und ungelöstem Stickstoff aufzunehmen haben wird, so finden wir folgendes:

Es wird maximal, nach Aufnahme von Harn[1] und Kot in die Kanäle, in der Sekunde dem Main mehr zugehen

I. an gelösten Stoffen:

a) organisches Material

$$\frac{617 \cdot 3}{2 \cdot 9 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 2} = 0{,}0143 \text{ kg},$$

b) darin Stickstoff

$$\frac{62{,}8 \cdot 3}{2 \cdot 9 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 2} = 0{,}00145 \text{ kg}.$$

II. an ungelösten Stoffen:

a) organisches Material

$$\frac{589 \cdot 3}{2 \cdot 9 \cdot 60 . 60 \cdot 2} = 0{,}0136 \text{ kg},$$

b) darin Stickstoff

$$\frac{41{,}2 \cdot 3}{2 \cdot 9 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 2} = 0{,}000954 \text{ kg}.$$

Jedes Liter Mainwasser wird daher bei Niedrigwasser im ungünstigsten Falle mehr aufzunehmen haben an

I. gelösten Stoffen:

a) organisches Material

$$\frac{14{,}3}{70000} \text{ g} = 0{,}2 \text{ mg},$$

b) darin Stickstoff

$$\frac{1{,}45}{70000} \text{ g} = 0{,}02 \text{ mg}.$$

II. ungelösten Stoffen:

a) organisches Material

$$\frac{13{,}6}{70000} \text{ g} = 0{,}19 \text{ mg},$$

1) Ein Teil des Harns wird vermutlich schon jetzt den Kanälen zufliessen.

b) darin Stickstoff

$$\frac{0,95}{70000}\ g = 0,014\ mg,$$

in Summa 0,39 mg organische Trockensubstanz mit 0,034 mg Stickstoff.

Nach der Analyse B vom 11. Juni 1901 enthält das Mainwasser am Wasserwerk 308 mg Gesamtrückstand und 24 mg suspendierte Stoffe im Liter, also 284 mg gelöste Stoffe. Der Glühverlust des Gesamtrückstands betrug 84 mg, die suspendierten organischen Stoffe 8 mg. Daraus ist ersichtlich, dass der durch die Fäkalien- und Harneinschwemmung rechnerisch ermittelte Zuwachs ein verschwindend geringer sein wird, was die gelösten Stoffe anlangt, ein grösserer indessen schon, was die ungelösten Stoffe betrifft. In Bezug auf den letzteren Punkt kommt noch hinzu, dass die Mischung zwischen Sielwasser und Flusswasser nicht schnell und gleichmässig (wie für die Rechnung angenommen) sondern langsam vor sich geht, mithin die suspendierten Bestandteile leicht an cirkumskripten Stellen zur Ablagerung gelangen und dadurch Schäden hervorrufen können.

Zu 7. Nicht zu vergessen ist auch die weitere Entwicklung der Stadt und die dadurch bedingte Vermehrung der städtischen Abwässer. Nach der Zählung vom 2. Dezember 1895[1] hatte Hanau 27 655 Einwohner, nach der Zählung vom 1. Dezember 1900 29 847, was einer jährlichen Zunahme von etwa $1\frac{1}{2}$ % entspricht. Eine gleich weitere Bevölkerungszunahme vorausgesetzt, würde in 30 Jahren die Einwohnerzahl Hanaus auf rund 48 500 angewachsen sein und damit die Menge der abzuschwemmenden Schmutzstoffe um etwa die Hälfte gegen jetzt vermehrt werden.

Haben wir bis jetzt die Frage der Zulässigkeit der Einschwemmung von Harn und Fäkalien mehr von allgemeineren hygienisch ästhetischen Gesichtspunkten aus betrachtet, so erfordert dieselbe doch auch nicht minder eine Beleuchtung von der speziell sanitären Seite, insofern als erörtert werden muss, (Zu 8.) ob durch das Hineingelangen der Fäkalien und des Harnes der gesamten Einwohnerschaft in den Fluss nicht etwa der Verbreitung von Infektionskrankheiten die Wege geebnet werden. Im speziellen wird hier immer der Typhus und auch die Ruhr, in besonderen Ausnahmefällen auch die Verbreitung der Cholera in Betracht kommen.

Gefahren könnten entstehen einmal für die Schiffsbevölke-

1) Handbuch über den Kgl. Preuss. Hof und Staat 1901 und 1902.

Digitized by Google

rung und andererseits für die unterliegenden Ortschaften, insofern dieselben das Mainwasser zu Trink-, Wasch- und Badezwecken benutzen. Indes ist auch die Stadt Hanau in diesem Falle an der Frage direkt dadurch besonders interessiert, als das eine ihrer Grundwasserwerke etwa 2 km unterhalb der Schmutzwassereinmündung gelegen ist und es von vornherein nicht ausgeschlossen erscheint, dass krankheitserregende Bakterien vom Fluss in das Grundwasser eintreten könnten.

Was die Schiffsbevölkerung angeht, so trinkt dieselbe nach dem Berichte des Sanitätsrates Dr. Eisenach das Mainwasser nicht mehr, seitdem die Papierfabrik Stockstadt Abwässer einleitet. Die Schiffer nehmen das Trinkwasser in Fässern mit.

Unterhalb Hanau bis auf eine Entfernung von 15 km liegen eine grössere Anzahl von Städten resp. Ortschaften (Kesselstadt, Dietesheim, Dörnigheim, Mühlheim, Rumpenheim, Bürgel, Offenbach). Nach den Angaben der Herren Dr. Rau und Joannini senden auf dieser Strecke Abwässer in den Main die Anilinfabrik von Leonhard & Co. zu Mühlheim, die Fabrik Mainkur bei Fechenheim und die Stadt Offenbach. Dass die Schmutzwässer der übrigen genannten Ortschaften direkt oder indirekt den Main erreichen, darf wohl ohne weiteres angenommen werden.

Wie es mit den Trinkwasserverhältnissen in den genannten Orten steht, ist aus den Unterlagen nicht zu ersehen; jedenfalls wird man aber mit der Ansicht nicht fehlgehen, dass wohl kaum eine von ihnen in Bezug auf das Trinkwasser auf ungereinigtes Mainwasser angewiesen ist.

Das gelegentliche Hineingelangen von pathogenen Keimen in das Flusswasser wird sich niemals verhindern lassen, selbst wenn man die Fäkalien (inkl. Harn) gesondert beseitigt, denn Krankheitskeime können auch in den Wirtschaftsabwässern enthalten sein. Man wird sich damit zufrieden geben müssen, wenn das Hineingelangen grösserer Mengen von Krankheitserregern tunlichst ausgeschlossen wird, und dieses Ziel lässt sich erfahrungsgemäss am besten erreichen durch strenge Durchführung der Anzeigepflicht und der obligatorischen lokalen Desinfektion bei bestimmten Krankheiten.

Was diesen Punkt anbetrifft, so bestehen hinsichtlich der für den vorliegenden Fall hauptsächlich in Frage kommenden Krankheiten: Typhus, Ruhr und Cholera für die Stadt Hanau folgende Vorschriften[1]):

1) Nach Mitteilung seitens des Magistrats Hanau vom 31. Dezember 1903.

Digitized by Google

Durch Verfügung des Regierungspräsidenten zu Cassel vom 30. Juli 1895 wird bis auf weiteres die Anzeigepflicht der Aerzte auf Typhuserkrankungen in der Stadt und dem Landkreis ausgedehnt.

Eine Anzeigepflicht für Ruhrerkrankungen besteht nicht.

Die Anzeigepflicht für Cholera ist den Haushaltungsvorständen und Aerzten durch Verfügung der Königlichen Regierung zu Cassel vom 30. November 1877 auferlegt.

Durch Polizeiverordnung vom 7. März 1903 wird ferner für den Stadtkreis Hanau die unbedingte Desinfektion (u. a.) bei asiatischer Cholera, Typhus und Ruhr angeordnet. Nach derselben sind zu desinfizieren die von den Kranken benutzten Räume und deren Inhalt, sowie alle sonst noch mit dem Kranken in Berührung gekommenen Gegenstände (§ 1). Verpflichtet zur Herbeiführung der Desinfektion sind die Haushaltungsvorstände oder deren Stellvertreter, die Besitzer oder die Leiter von Kranken- und sonstigen Anstalten, die Besitzer oder die Leiter von Pensionaten, Mietswohnungen, Schlafstellen und dergl. und die Besitzer oder Leiter von dem öffentlichen Gebrauche dienenden Aufenthaltseinrichtungen (Gasthöfen und dergl. (§ 2). Die Herbeiführung der Desinfektion ist bei dem Magistrat zu beantragen (§ 3). Dieselbe hat ausschliesslich durch die städtische Desinfektionsanstalt zu geschehen (§ 4).

Die Einleitung von Fäkalien und Harn der Stadt Hanau in den Main wird u. E. nur dann zulässig sein, wenn die Gefahr der Verschleppung von Infektionserregern durch diese Exkremente auf dasjenige Minimum beschränkt wird, welches sich praktisch und wirtschaftlich erreichen lässt.

Aus diesem Grunde bedürfen unserer Ansicht nach die angeführten sanitätspolizeilichen Vorschriften der Stadt Hanau noch einiger Ergänzungen. Zunächst müsste die Anzeigepflicht auch auf Erkrankungsfälle an Ruhr ausgedehnt werden; sodann wären ausser den ausgesprochenen Typhusfällen auch typhusverdächtige Fälle anzeigepflichtig zu machen, ebenso die Fälle, bei denen trotz Mangel an ausgesprochenen klinischen Typhussymptomen oder nach Ablauf der klinischen Krankheitserscheinungen mit Hilfe der modernen bakteriologischen Methodik das Vorhandensein von Typhusbacillen nachgewiesen worden ist (ambulante Fälle, Bacillenträger, Rekonvalescenten).

In der Polizeiverordnung betreffend die Desinfektion bei ansteckenden Krankheiten ist u. E. zu wenig Gewicht gelegt auf die lokale Desinfektion der infektiösen Abgänge der Kranken.

bevor letztere den Gruben (eventuell später den Wasserklosetts) übergeben werden. Eine Ergänzung dieser Polizeiverordnung nach der angegebenen Richtung hin durch bestimmt gefasste Vorschriften, auch betreffs wirksamer Ausführung der Desinfektion der infektiösen Abgänge, hält die Anstalt insbesondere im Hinblick auf die zu schützenden Gesundheitsinteressen der Schiffahrtsbevölkerung auf dem Main für dringend erforderlich, wenn die mit den Fäkalstoffen belasteten Kanalwässer ohne zentrale Desinfektion dem Main übergeben werden sollen.

Die Notwendigkeit der Desinfektion der gesamten Abwässer würde bei Beobachtung der vorbeschriebenen Massnahmen nur ausnahmsweise im Falle des Ausbruches einer Epidemie eintreten. Diese Möglichkeit muss zweckmässig vorgesehen werden.

Das Wasser des am Main gelegenen Wasserwerkes I wird, nach Angabe des Herrn Dr. Rau, z. Zt. nur alle zwei Monate chemisch und bakteriologisch untersucht. Bei Hochwasser findet eine tägliche bakteriologische Untersuchung statt. Dieselbe hat gelegentlich der letzten Hochwasser (Dezember 1902 und Januar 1903) bei Pegelständen bis zu 4,15 m folgende Resultate ergeben:

Datum	Zeit der Entnahme	Pegelstand	Keime in 1 ccm
18. 12. 02	1 Uhr	3,15	10
19. 12. 02	1 Uhr	2,32	11
20. 12. 02	1 Uhr	2,55	15
21. 12. 02	1 Uhr	3,05	18
22. 12. 02	1 Uhr	3,70	10
23. 12. 02	1 Uhr	3,30	11
30. 12. 02	3 Uhr 30 Min.	—	17
7. 1. 03	—	3,9	25
8. 1. 03	—	4,02	20
9. 1. 03	—	4,15	24
10. 1. 03	—	3,88	24
12. 1. 03	—	2,4	25

Ferner hat, nach einem Bericht des Dr. Rau vom 5. Januar 1903, eine am 30. Dezember 1902 vorgenommene biologische Untersuchung, bei der mittelst Planktonnetzes 250 cbm Brunnenwasser abgesiebt wurden, die vollständige Abwesenheit von solchen Organismen im Brunnenwasser gezeigt, welche im Main vorzukommen pflegen.

Die Brunnen des Wasserwerkes, 6 an der Zahl, parallel dem Main gelegen, haben unter normalen Verhältnissen 85 m Abstand vom

Digitized by Google

Flusse. Nach den der Anstalt vorliegenden Berichten[1][2]) tritt der Main bei einem Pegelstand von 3,67 m an die Brunnen heran.

Ein solcher oder höherer Wasserstand ist in den Jahren 1872 bis 1903 zusammen an 85 Tagen vorgekommen. Durch Aufsetzen von gusseisernen Zwischenstücken sind die Brunneneinsteigeöffnungen um 50 cm erhöht worden, sodass die Brunnendeckel nunmehr über dem höchsten Hochwasserstande, der in den letzten 30 Jahren zu verzeichnen war, liegen. Bei Wasserständen unter 3,67 m am Hanauer Pegel bleibt der Main entsprechend weiter von den Brunnen ab. Ein Abstand von 35—40 m scheint nach den Angaben nicht besonders selten zu sein.

Die genannten Vorkehrungen haben nach den uns gemachten Angaben genügt, das Eindringen von Mainwasser in die Brunnen auch bei starkem Hochwasser auszuschliessen. Des weiteren darf man aus den angeführten bakteriologischen Untersuchungen des Brunnenwassers zu Hochwasserzeiten entnehmen, dass bei der z. Zt. vorhandenen Beanspruchung der Brunnen die natürliche Filterwirkung des Bodens auch in diesen Perioden ausreicht, um die Keime des in den Boden etwa eindringenden Flusswassers abzufiltrieren. Ob dieselbe bei einer gesteigerten Beanspruchung der Brunnen, wie solche vielleicht bei dem stärkeren Wasserverbrauch, mit dem in Zukunft zu rechnen sein dürfte (Zunahme der Bevölkerung, Einrichtung von Spülklosetts u. a. m.) ausreichen wird, ist nicht ohne weiteres zu sagen, und es müsste dieser Punkt gegebenen Falles Gegenstand sorgfältiger bakteriologischer Ueberwachung sein.

Wie schon in dem früheren Gutachten der Anstalt erwähnt, liegen die Wasserversorgungsverhältnisse für Hanau indes deswegen günstig, weil die Stadt noch ein zweites, vom Main unabhängiges Wasserwerk besitzt, welches unter Umständen in der Lage sein wird, den Hauptbedarf, ja den Gesamtbedarf[3]) an Trinkwasser zu decken.

Zu 9. Schliesslich ist zur Beurteilung der Verhältnisse ein Punkt von grosser Bedeutung, nämlich die Frage, ob und eventuell welchen Einfluss die geplante Mainkanalisierung bei Hanau auf die Selbstreinigung des Mains ausüben wird.

Nach den vorliegenden Berichten[4]) sind 6 Staustufen: bei Main-

1) Verwaltungsbericht der Stadt Hanau von 1890—1895. S. 208.
2) Schreiben des Magistrats zu Hanau vom 31. Dezember 1903.
3) Schreiben des Magistrats vom 31. Dezember 1903 an die Anstalt.
4) Der Hydrotekt. 2. Jahrgang. 1903. No. 4. S. 42.

aschaff, Kleinostheim, Grosswelzheim, Krotzenburg, Kesselstadt und Mainkur vorgesehen mit je einer Schleuse, Nadelwehr mit Schiffsdurchlass und Flutöffnung, Flosskanal mit Trommelwehrverschluss und Fischpass.

Dass diese Staustufen ungünstig auf die Selbstreinigung des Mainwassers wirken werden, ist kaum zu bezweifeln; zeigt sich doch schon vor dem Nadelwehr bei Offenbach eine solche Einwirkung (vergl. den Bericht von Prof. Marsson, Begutachtung der Probe 39 bis 43).

Auch nach anderweitigen, im Auftrage der Anstalt von Prof. Marsson vorgenommenen Untersuchungen des Mainflusses besteht das Bett des Mainflusses zwar fast durchweg aus „hartem Kies"; an den meisten Wehren aber finden sich schlammige, in Zersetzung befindliche Ablagerungen.

Das für Hanau zunächst in Frage kommende Nadelwehr ist das bei Kesselstadt projektierte. Genauere Angaben über seine spätere Lage sind in den Unterlagen nicht vorhanden. Soweit sich indes erkennen lässt, scheint dasselbe kurz unterhalb des Schlosses Philippsruhe seine Stelle finden zu sollen. Um Stauungen des Schmutzwasser-Flusswassergemisches nach Möglichkeit zu vermeiden, wird jedenfalls gefordert werden müssen, dass die durch die bakteriologische Untersuchung als reicher an Schmutzwasser gefundenen Strompartien (rechte Stromseite bis Strommitte) an dem Wehr den ungehindertsten Durchfluss finden.

Fassen wir die bisher aus den Unterlagen festgestellten Tatsachen kurz zusammen, so ergibt sich:

1. Das Hanauer Kanalwasser ist ein sehr wenig konzentriertes.
2. Das Mainwasser oberhalb der Stadt Hanau ist zur Zeit vom physikalisch-chemischen, sowie bakteriologischen Standpunkt aus für gewöhnlich als ein Flusswasser anzusehen, dessen Belastung mit Unreinigkeiten das gemeinübliche Mass nicht überschreitet. Nur die biologische Untersuchung hat vorübergehende Verunreinigungen höheren Grades nachgewiesen. Als Quelle für dieselben ist die oberhalb Hanau gelegene Stockstadt'sche Cellulosefabrik erkannt worden.

   Da die durch diese Fabrik zeitweise gesetzte Verschmutzung das gemeinübliche Mass überschreitet, so wäre es vielleicht empfehlenswert, zu erwägen, ob diese Quelle der Verunreinigung nicht durch entsprechende Massregeln auf ein geringeres Mass vermindert werden könnte.

3. Das Kinzigwasser ist nach den Analysenbefunden durchschnittlich etwas reiner als das Mainwasser. Der Mainkanal enthält Kinzig- und Mainwasser gemischt unter Vorwiegen des ersteren.

   Der schon an trockenen Tagen im allgemeinen auffallend hohe Keimgehalt des Mainkanalwassers dürfte wohl durch eine gewisse Stagnation des Wassers bedingt werden. Für die Erklärung dieses Befundes haben wir wenigstens bisher keine anderweiten Anhaltspunkte gefunden.

4. Eine Verunreinigung des Mainstroms durch die Hanauer Abwässer lässt sich zur Zeit wohl rechnerisch, aber mittelst chemischer Methoden kaum nachweisen. Die bakteriologische Untersuchung dagegen zeigt deutlich die Verunreinigung des Flusswassers durch das Hanauer Sielwasser an. Dieselbe beschränkt sich hauptsächlich auf rechte Stromseite und Mitte. In der Höhe des Wasserwerks I sind die (im Durchschnitt gewonnenen) Keimzahlen bereits wieder etwas abgesunken.

5. Vom physikalisch-chemischen und bakteriologischen Standpunkte aus betrachtet, ist die Verunreinigung des Mains bei und nach Regenfällen schon oberhalb Hanaus vielfach höher als an trockenen Tagen unterhalb der Schmutzwassereinmündung.

Ferner lässt sich nach den bisherigen Ausführungen noch das folgende aussprechen:

6. Werden Fäkalien und Harn regelmässig den Sielen zugeführt, so wird — wie die einfache rechnerische Ueberlegung ergibt — der Gehalt des Flusswassers unterhalb Hanau an gelösten und ungelösten fäulnisfähigen Stoffen eine Steigerung erfahren. Praktisch wird dieselbe hinter der durch Rechnung veranschlagten wahrscheinlich zurückbleiben, da erfahrungsgemäss stets damit zu rechnen ist, dass trotz polizeilichen Verbotes ein Teil der Fäkalien und des Harns unrechtmässiger Weise in den Fluss gelangt.

   Der Zuwachs an gelösten fäulnisfähigen Stoffen wird sich u. E. kaum unangenehm bemerklich machen; vermutlich aber wird dies der Fall sein bezüglich der Steigerung im Gehalt an ungelösten (suspendierten) fäulnisfähigen Substanzen, und

Digitized by Google

zwar besonders deshalb, weil eine schnelle ausgiebige Mischung zwischen Fluss- und Sielwasser nicht unter allen Umständen wird vorausgesetzt werden dürfen.

7. Ein den letzten Jahren entsprechendes gleichmässiges Wachstum der Stadt vorausgesetzt, wird in 30 Jahren Hanau 48 500 Einwohner haben. Dadurch würde, wenn man auch für die Zukunft nur eine Abwassermenge von 169 Liter pro Kopf und Tag rechnet (vergl. oben S. 66), die tägliche unverdünnte Abwassermenge auf 8197 cbm anwachsen, die maximale sekundliche Abwassermenge auf

$$\frac{8\,196\,500 \cdot 3}{2 \cdot 9 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 2} = 189{,}7 \text{ secl}$$

(gegen 117,4 zur Zeit), und damit würde das Verhältnis zwischen unverdünntem Sielwasser und Flusswasser im ungünstigsten Fall (Niederwasser) 1 : 368 (gegen 1 : 596 jetzt) werden.

8. Vom sanitätspolizeilichen Standpunkt aus wird nur dann die Einleitung der Fäkalien der Stadt Hanau in den Main als unbedenklich angesehen werden können, wenn die Vorschriften betreffend Anzeigepflicht bei ansteckenden Krankheiten und betreffend Desinfektion bei denselben eine Ergänzung im Sinne der oben gemachten Ausführungen erfahren.

   Eine häufigere bakteriologische Kontrolle des Wassers von Wasserwerk I erscheint angebracht, wenn auch bisher nach den gemachten Erfahrungen das Wasser des Wasserwerks I seitens des Mainwassers in seiner Qualität nicht ungünstig beeinflusst wird. Im speziellen müsste nicht nur bei stark ansteigendem Flusswasserstande, sondern auch zu anderen kritischen Zeiten (z. B. der stärksten Inanspruchnahme des Werkes im Sommer) nach der Meinung der Anstalt eine tägliche Kontrolle stattfinden. Zugleich wäre dabei das zulässige Mass der Inanspruchnahme (Absenkung in den Brunnen) zweckmässig festzustellen.

9. Nach den Resultaten, welche die biologische Mainuntersuchung ergeben hat, und nach allen Erfahrungen, die man sonst bei der Untersuchung von Flussläufen gemacht hat, muss man annehmen, dass die geplante Mainkanalisierung die Fähigkeit des Mainwassers zur Aufnahme von Abwässern mehr oder minder herabsetzen wird.

Auf Grund der im vorhergehenden zusammengestellten Untersuchungen, Berechnungen und Ueberlegungen fasst die Anstalt nunmehr ihr Urteil über die Frage, ob und unter welchen Bedingungen die Einführung der Fäkalien (inkl. Harn) in die Siele und ihre Abschwemmung in den Mainstrom zulässig erscheint, wie folgt zusammen:

1. Die geplante Abschwemmung der gesamten menschlichen Auswurfstoffe ist vom hygienischen Standpunkt aus für die gesundheitlichen Verhältnisse in der Stadt Hanau als vorteilhaft anzusehen und dem jetzigen System der Fäkalienbeseitigung vorzuziehen.
2. Der Zuwachs, den das Kanalwasser dadurch an gelösten und ungelösten fäulnisfähigen Substanzen erhält, fällt bezüglich der ersteren nicht sehr ins Gewicht, da durch die analytischen Untersuchungen eine geringe Konzentration, ja bisweilen sogar eine Fäulnisunfähigkeit des zeitigen Hanauer Abwassers festgestellt worden ist, das Abwasser durch das Mainwasser hinreichend verdünnt wird, und zur Zeit die Strömung des Mains im allgemeinen eine lebhafte ist. Nach dieser Richtung hin wären also Missstände nicht zu erwarten.

   Wohl aber wären Missstände zu befürchten, wenn auch die suspendierten fäulnisfähigen Stoffe des mit den Fäkalien belasteten Hanauer Sielwassers ohne weitere Vorbehandlung dem Main überantwortet würden.
3. Wenn der Anschluss der Spülaborte an die Kanalleitung allgemein zugelassen wird, so sind vom gesundheitlichen Standpunkte folgende Bedingungen bei der Ausführung dieser Massnahmen zu erfüllen:
   a) Die gesamten Hanauer Abwässer müssen vor Einleitung in den Main einer gründlichen mechanischen Reinigung unterzogen werden. Dieselbe muss so weit getrieben werden, dass die suspendierten Bestandteile bis zu einem grössten Durchmesser von 1—3 mm herab sicher abgefangen werden. Dabei ist eine mechanische Zertrümmerung der suspendierten Massen tunlichst zu vermeiden. Auf welchem Wege diese Entfernung am zweckmässigsten zu geschehen hat (Recheneinrichtungen, Klärbecken etc.), muss näherer technischer Ueberlegung vorbehalten bleiben.
   b) Die Anzeigepflicht ist weiter auszudehnen und die Desinfektion hat am Orte der Entstehung, d. h. bei dem

Kranken und seinen Ausscheidungen, in sachgemässer Weise einzusetzen.

c) Es muss die Möglichkeit vorgesehen werden, bei Ausbruch von Epidemien das gesamte Abwasser zu desinfizieren.

d) Die bakteriologische Kontrolle des Wassers vom Wasserwerk I muss häufiger als bisher stattfinden; namentlich muss sie zu allen kritischen Zeiten täglich vorgenommen werden. Ebenso wird eine in bestimmten Zwischenräumen vorzunehmende sachkundige Kontrolle der geschaffenen Klärvorrichtung und der Beschaffenheit des Vorfluters oberhalb und unterhalb der Schmutzwassereinmündung gefordert werden müssen. Von der Forderung der Verlegung der derzeitigen Ausmündung des Stammsiels kann alsdann, soweit gesundheitliche und ästhetische Erwägungen hierbei mitsprechen, bis auf weiteres abgesehen werden.

e) Flussbadeanstalten und Flusswäschereien würden in der Einwirkungszone des Hanauer Kanalwassers unterhalb der Sieleinmündung nicht anzulegen sein.

4. Indem wir hiermit in den wesentlichen Punkten zu demselben Ergebnis gelangt sind, wie in unserem unter dem 16. Januar 1903 abgegebenen vorläufigen Gutachten, müssen wir doch einen Vorbehalt machen bezüglich der bevorstehenden Mainkanalisierung.

In welchem Grade dieselbe ungünstig auf die Aufnahmefähigkeit des Maines für die Hanauer Kanalwässer wirken wird, ist u. E. kaum mit einiger Sicherheit vorher zu sagen.

Die Anstalt hält zwar, wie gesagt, zur Zeit eine einfache mechanische Klärung des Abwassers auch nach Anschluss der Spülaborte an die Kanalisation der Stadt Hanau für ausreichend. Es erscheint ihr indessen nicht ausgeschlossen, dass nach Herstellung des Mainstaus bei Kesselstadt und Mainkur eine intensivere Reinigung der Abwässer sich als nötig erweisen könnte.

Die oben empfohlenen periodisch zu wiederholenden chemischen, bakteriologischen und biologischen Untersuchungen des Mainstroms werden ausreichende Unterlagen für die spätere Entscheidung bieten, ob und wann die Notwendigkeit einer weitergehenden Reinigung der Abwässer bei oder nach Ausführung der Mainkanalisierung gegeben ist.

Berlin, den 9. Januar 1904.

Digitized by Google

Tabelle I

	Datum der Entnahme	Durchsichtigkeit in cm		Ammoniak mg im Liter		Salpetrige Säure		Salpeter[illegible]	
		Probe I	Probe II	Probe I	Probe II	Probe I	Probe II	Probe I	Probe II
Trockene Tage	25. 7. 1902	6,0	5,5	3,3	5,8	0	0	0	[illegible]
	10. 3. 1903	4,2	4,4	2,9	1,9	0	stark	0	[illegible]
	25. 3. 1903	6,8	6,3	4,1	3,5	stark	0	0	[illegible]
	6. 4. 1903	6,0	6,0	8,3	10,2	stark	stark	0	[illegible]
	7. 5. 1903	5,3	5,0	4,6	6,6	stark	stark	0	[illegible]
	30. 5. 1903	9,4	8,7	4,2	5,2	0	0	0	[illegible]
	17. 6. 1903	5,1	5,4	3,7	4,2	0	0	0	[illegible]
	2. 7. 1903	6,7	4,8	5,2	4,2	0	0	0	[illegible]
	21. 7. 1903	3,2	5,8	5,1	5,5	0	0	0	[illegible]
	13. 8. 1903	3,9	3,7	6,5	4,8	stark	stark	0	[illegible]
	Summe:	**56,6**	**55,6**	**47,9**	**51,9**				
	Durchschnitt:	**5,7**	**5,6**	**4,8**	**5,2**				
Regentage	24. 4. 1903	9,8	9,8	4,0	5,2	stark	stark	0	[illegible]
	14. 9. 1903	2,9	2,4	4,5	3,8	mässig stark	0	0	[illegible]
	Summe:	**12,7**	**12,2**	**8,5**	**9,0**				
	Durchschnitt:	**6,4**	**6,1**	**4,3**	**4,5**				
Trockene Tage	Gesamt-Durchschnitt I + II:	5,7		5,0					
Regentage	Gesamt-Durchschnitt I + II:	6,3		4,4					

Hanauer Kanalwasser.

Chlor mg im Liter		Organischer Stickstoff mg im Liter		Kalium-permanganat-Verbrauch pro Liter		Schwefel-wasserstoff		Faulprobe		Entwicklungsfähige Keime auf der Gelatineplatte pro 1 ccm	
Probe		Probe		Probe		Probe		Probe		Probe	
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
124	136	24	22	106	142	0	0	+	+	1 500 000	1 650 000
234	223	55	38	325	297	0	0	+	+	986 000	1 360 000
71	74	15	25	208	299	0	0			1 270 000	1 450 000
81	81	7	5	104	190	0	0	—	—	514 000	516 000
71	78	9	17	104	104	0	0	—	—	768 000	763 000
75	82	14	20	55	83	0	0	—	—	314 000	444 000
106	88	19	17	202	164	0	0	+	+	3 740 000	2 980 000
82	82	14	9	105	59	0	0	—	—	843 000	780 000
71	81	8	9	143	92	0	0	—	—	502 000	256 000
85	103	15	9	129	123	0	0	—	—	3 396 000	1 814 000
1000	**1028**	**180**	**171**	**1481**	**1553**					**13 833 000**	**12 013 000**
100	**103**	**18**	**17**	**148**	**155**					**1 383 300**	**1 201 300**
67	75	7	7	132	151	0	0	—	—	295 000	260 000
43	43	15	22	76	91	0	0			703 000	619 000
110	**118**	**22**	**29**	**208**	**242**					**998 000**	**879 000**
55	**59**	**11**	**15**	**104**	**121**					**499 000**	**439 500**
102		18		152						1 292 300	
57		13		113						469 250	

Tabelle II. Allgemeine Angaben und Untersuchungsergebni

Zusammen

(Die Zahl der chemischen A

	Datum	No. der Untersuch.	[1] Lufttemperatur	[1] Mainwassertemperatur im Mittel	Atmosphärische Niederschläge	Wasserstand Main	Durchsichtigkeit in cm	An … druck		
								links	Mitte	rechts
Trockene Tage	10. 3. 1903	I	19	5	Keine, auch Tags zuvor nicht	1,77	18.4	0.1	0.1	[illegible]
	25. 3. 1903	II	12	8		1,37	über 20,0	0,2	0.2	[illegible]
	7. 5. 1903	V	14	15		1.30	„	0.1	0.1	[illegible]
	30. 5. 1903	VI	22	20		1.14	„	0.15	0.15	
	17. 6. 1903	VII	18	17		1.08	„	0.35	0.35	[illegible]
	2. 7. 1903	VIII	22	20		0,97	„	0.3	0.3	[illegible]
	13. 8. 1903	X	20	20		1,03	10.4	0,2	0.2	[illegible]
	Summe:						**128,8**	**1.40**	**1.40**	[illegible]
	Mittel:						**18.4**	**0.2**	**0.2**	[illegible]
Regentage	25. 7. 1902	[illegible] [2]	19	19	Tags zuvor	1.33	über 20	—	—	[illegible]
	6. 4. 1903	III	6	7	Tags zuvor	1,56	10.6	0.2	0,2	[illegible]
	21. 4. 1903	IV	6	8	am Tage und Tags zuvor	1,48	über 20,0	0.1	0.1	[illegible]
	21. 7. 1903	IX	22	19	Tags zuvor	1,00	12.0	0.4	0.4	[illegible]
	14. 9. 1903	XI	11	13	Tags zuvor	0,94	14.6	0.2	0.2	[illegible]
	Summe:						**57,2**	**0,9**	**0.9**	[illegible]
	Mittel:						**14,3**	**0.23**	**0.23**	[illegible]

1) Auf ganze Grade abgerundet.
2) Voruntersuchung durch Dr. Thumm.

treffend das Mainwasser oberhalb des Mainkanals.

e l l u n g.

en an mg im Liter).

lpetrige Säure			Salpetersäure			Chlor		Organischer Stickstoff		Kalium-permanganat-Verbrauch		Anzahl der Keime in 1 ccm		
nks	Mitte	rechts	links	Mitte	rechts	Mitte	rechts	Mitte	rechts	Mitte	rechts	links	Mitte	rechts
0	0	0	0	0	0	11	9			32	32	1 292	1 020	952
0	0	0			0		14				30	1 350	1 510	1 560
0	0	0			0		18				41	1 820	1 450	1 470
		0			0		16				40	2 310	1 640	1 710
		0			0		21				34	2 770	2 960	2 150
		0			0		18				47	1 430	1 960	1 380
		0			0	18	18	1,2	1,5	40	41	510	1 370	840
							114				**265**	**11 482**	**11 910**	**10 062**
							16,3				**38**	**1 640**	**1 701**	**1 437**
—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	0	0			0		18				23	12 090	19 305	13 325
0	0	0			0		14				25	3 140	2 460	2 490
		0			0		21				68	3 870	3 250	3 920
0	0	0		0		21				47		2 190	2 550	2 270
							53				**116**	**21 290**	**27 565**	**22 005**
							17,7				**38,7**	**5 322**	**6 891**	**5 501**

Digitized by Google

Tabelle III. Untersuchungsergebnisse, betreffend das Mainwasser oberh

Zusamme

(Die Zahlen der chemischen An

	Datum	No. der Untersuchg.	Durchsichtigkeit in cm	Ammoniak links	Ammoniak Mitte	Ammoniak rechts Oberfläche	Ammoniak rechts Mitte	Ammoniak rechts Grund	Salpetrige Säu links	Salpetrige Säu Mitte	Salpetrige Säu rechts Oberfläche	Salpetrige Säu rechts Mitte
Trockene Tage	10. 3. 1903	I	18.4	0,1	0,1	0,2			0	0	0	0
	25. 3. 1903	II	über 20.0	0,2	0.2	0.2	0.2	0.3	0	0	0	0
	7. 5. 1903	V	do.	0,1	0,1	0.1	0,15	0.35	0	0	0	0
	30. 5. 1903	VI	do.	0,15	0.15	0,15	0,15	0,15			0	
	17. 6. 1903	VII	do.	0.25	0,25	0,1	0.1	0,15			0	
	2. 7. 1903	VIII	do.	0,25	0.25	0.25	0.25	0.4			0	
	13. 8. 1903	X	10,8	0.2	0.2	0,15	0,15	0.2	0	0	0	0
	Summe:		**129,2**	**1.25**	**1,25**	**1,15**	**1,00**	**1.55**				
	Durchsch.:		**18.5**	**0,18**	**0,18**	**0,16**	**0.17**	**0,26**				
Regentage	25. 7. 1902	8.	über 20.0	0,2	0.2	0,7						
	6. 4. 1903	III	11,1	0,2	0,2	0,25	0.45	0,65	0	0	0	0
	24. 4. 1903	IV	über 20.0	0.1	0.1	0,15	0,15	0,3	0	0	0	0
	21. 7. 1903	IX	12.0	0.35	0.35	0,3	0.35	0,35			0	
	14. 9. 1903	XI	14.8	0,2	0.2	0,15	0,15	0,25	0	0	0	0
	Summe:		**77,9**	**1,05**	**1,05**	**1,55**	**1,10**	**1,55**				
	Durchsch.:		**15,6**	**0,21**	**0,21**	**0,31**	**0,28**	**0,39**				

der Schmutzwassereinmündung, unterhalb der Einmündung des Mainkanals.

stellung.

geben an mg im Liter).

Salpetersäure					Organischer Stickstoff	Chlor			Kalium-permanganat-Verbrauch			Anzahl der Keime in 1 ccm				
		rechts					rechts			rechts				rechts		
links	Mitte	Oberfläche	Mitte	Grund	Mitte	Mitte	Oberfläche	Mitte	Mitte	Oberfläche	Mitte	links	Mitte	Oberfläche	Mitte	Grund
0	0	0	0	0		11		12	34		32	816	1 455	718		
		0					17			26		890	1 020	2 180	2 090	2 100
		0					21			40		1 240	1 270	4 240	5 640	5 170
		0					21			36		1 770	1 720	1 810	1 730	6 440
		0					25			30		1 690	2 130	7 040	12 200	30 350
		0					32			32		1 290	970	1 240	1 450	1 670
	0	0					26			40		450	560	880	1 770	1 040
							142			**204**		**8 146**	**9 125**	**18 108**	**21 880**	**46 770**
							24			**34**		**1 164**	**1 304**	**2 587**	**4 147**	**7 795**
						32			51				320			
		0					25			23		17 485	12 675	19 110	22 555	27 040
		0					21			25		2 100	2 570	2 960	2 920	3 230
		0					28			59		2 180	3 840	3 290	4 400	5 720
	0	0			0,84		32			41		2 970	2 640	4 680	3 870	4 320
							106			**148**		**24 735**	**22 045**	**30 040**	**33 745**	**40 310**
							27			**37**		**6 184**	**4 409**	**7 510**	**8 436**	**10 078**

Digitized by Google

Tabelle IV. Untersuchungsergebnisse, betreffend das Mainwasser unterhalb

Zusammen-

(Die Zahlen der chemischen Analy-

	Datum	Nr. der Untersuchung	Durchsichtigkeit in cm	Ammoniak: linkes Ufer, Oberfl.	linkes Ufer, Grund	gegen die Mitte, Oberfl.	gegen die Mitte, Mitte	gegen die Mitte, Grund	Mitte, Oberfl.	Mitte, Mitte	Mitte, Grund	gegen das rechte Ufer, Oberfl.	gegen das rechte Ufer, Mitte	gegen das rechte Ufer, Grund	rechtes Ufer, Oberfl.	rechtes Ufer, Mitte	rechtes Ufer, Grund	Salpetrige Säure durchschnittl.
[illegible]	10. 3. 1903	I	18,7	0,10					0.16	0,10	0,10					0,10		0
	25. 3. 1903	II	über 20,0	0.25	0.30	0.20	0,25	0.30	0.20	0.20	0,20	0,20	0,20	0,30	0.20	0.20	0,20	Spur
	7. 5. 1903	V	do.	0.20	0.15	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0,10	0,20	0.10	0,10	0,15	0,10	0,10	0-Spur
	30. 5. 1903	VI	do.	0.15	0,15	0,15	0.20	0,15	0,15	0.20	0.20	0,15	0.15	0,15	0,15	0.15	0,15	0
	17. 6. 1903	VII	do.	0,15	0,15	0.20	0,30	0.15	0,10	0.25	0.15	0,30	0,25	0,30	0,18	0,18	0,15	0
	2. 7. 1903	VIII	do.	0.35	0,30	0.30	0.30	0.25	0,35	0,25	0,30	0,25	0,25	0,30	0.25	0,25	0,40	0
	13. 8. 1903	X	11,4	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20	0,20	0.20	0.20	0,20	0,20	0.20	0
	Summe:		130.1	1.40	1.25	1.15	1.40	1.30	1,26	1.40	1.25	1,30	1.15	1.35	1.13	1,18	1.20	
	Durchsch.		18.6	0.20	0.21	0.19	0.23	0.21	0.18	0.20	0,18	0.22	0,19	0.23	0.19	0,17	0,20	
[illegible]	25. 7. 1902	B.	über 20,0	0.2					0,6						0,7			0
	6. 4. 1903	III	10,5	0.2		0.6			0.2			0.2			0,25			[illegible]
	24. 4. 1903	IV	über 20,0	0,1	0,1	0,1	0.1	0,1	0,1	0,1	0.1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0-Spur
	21. 7. 1903	IX	10,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,35	0,3	0,3	0,4	0,42	0,4	0,35	0,15	0,35	0,35	0
	14. 9. 1903	XI	13,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,3	0,25	0.25	0,2	0,2	0.25	0,2	0,2	0
	Summe:		74.2	1.0	0.6	1.2	0.7	0,65	1.45	0.7	0,75	0,97	0.7	0,65	1.45	0,65	0,65	
	Durchsch.		14.8	0.2	0.2	0.3	0.23	0.22	0.29	0.23	0.25	0.24	0.23	0.22	0.29	0,22	0,22	

ter Einmündung der Schmutzwässer, am Schloss Philippsruhe.

t e l l u n g.

eben an mg im Liter).

Salpetersäure	Chlor	Kaliumpermanganat-Verbrauch	Anzahl der Keime in 1 ccm													
			linkes Ufer		gegen die Mitte			Mitte			gegen das rechte Ufer			rechtes Ufer		
durchschnl.	Mitte Oberfl.	Mitte Oberfl.	Oberfläche	Grund	Oberfläche	Mitte	Grund	Oberfläche	Mitte	Grund	Oberfläche	Mitte	Grund	Oberfläche	Mitte	Grund
0	11	35	2062					1785	1203	1686				1754		
0	14	25	1150	910	2890	1440	1820	2240	2080	2330	1780	3380	2630	910	1940	1980
0	18	42	2480	2910	2450	1980	2350	5840	3420	2240	8010	8250	8810	3020	3080	5700
0	16	36	3220	2660	1760	2020	1660	3760	6320	2520	2440	2080	2210	1850	2540	2300
0	21	28	4150	3290	2050	2100	2380	21090	17890	12880	24300	27870	11700	12520	10200	14200
0	18	33	1150	830	950	910	980	1210	960	1220	2800	2680	2360	2640	2300	2070
0	20	41	440	760	660	510	550	640	510	780	2760	1640	2420	870	2080	1530
	118	**240**	**14652**	**11360**	**10760**	**8960**	**9740**	**36565**	**32383**	**23656**	**42090**	**45900**	**30130**	**23564**	**22140**	**27840**
	17	**34**	**2093**	**1893**	**1793**	**1493**	**1623**	**5224**	**4626**	**3379**	**7015**	**7650**	**5022**	**3366**	**3690**	**4640**
0	28	40	2500					1060						650		
0	18	27	16770		18950			13910			13910			13845		
0	14	32	1640	1790	2090	1740	1670	1560	1420	2210	2010	2080	2140	3310	3330	3670
0	21	61	1890	1980	5480	5000	3240	7400	7760	5440	9600	12160	8240	3880	—	2480
0	20	52	2130	2270	2040	3110	2550	2490	3070	2160	6080	2550	3070	6540	4180	4740
	101	**212**	**24930**	**6040**	**28560**	**9850**	**7460**	**26420**	**12250**	**9810**	**31600**	**16790**	**13450**	**28225**	**7510**	**10890**
	20,2	**42,4**	**4986**	**2013**	**7140**	**3283**	**2487**	**5284**	**4083**	**3270**	**7900**	**5596**	**4483**	**5645**	**3755**	**3630**

Tabelle V. Untersuchungsergebnisse, betreffend das Mainwass

Zusammen-

(Die Zahlen der chemischen Ana-

Datum	Nr. der Untersuchung	Durchsichtigkeit in cm	Ammoniak														Salpetrige Säure
			linkes Ufer		gegen die Mitte			Mitte			gegen das rechte Ufer			rechtes Ufer			
			Oberfl.	Grund	Oberfl.	Mitte	Grund	Oberfl.	Mitte	Grund	Oberfl.	Mitte	Grund	Oberfl.	Mitte	Grund	durchschn.
10. 3. 1903	I	18.7	0.10					0,1	0,1	0,1				0,1			0
25. 3. 1903	II	über 200	0.25	0.3	0.25	0.25	0,25	0.2	0.25	0.25	0,20	0,25	0.25	0,2	—	0.2	Sp.
7. 5. 1903	V	[illegible]	0.20	0.35	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0,1	0,15	0,1	0.15	0,1	0,1	0,2	0-Sp.
30. 5. 1903	VI	[illegible]	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.2	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0
17. 6. 1903	VII	[illegible]	0.25	0.2	0.2	0,35	0,15	0,15	0.2	0,3	0,15	0,3	0,2	0,2	0,1	0,15	0
2. 7. 1903	VIII	[illegible]	0,25	0.2	0,25	0,25	0.2	0.3	0.25	0,3	0,3	0,3	0,35	0,3	0,3	0,35	0
15. 8. 1903	X	11.7	0.20	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0,15	0.2	0.2	0,32	0
Summe		130,1	1.50	1.40	1.20	1.15	1.10	1.25	1.35	1.40	1.15	1.25	1.25	1,25	0,85	1,37	
Durchsch.		18.6	0.21	0.23	0,20	0.19	0,18	0.18	0,19	0.2	0.19	0,21	0.21	0.18	0.17	0,23	
25. 7. 1902	[illegible]	über 200	0.4					0.5						0,55			Sp.
[illegible]. 4. 1903	III	10.8	0.5	0.35	0,2	0.25	0.25	0.2	0.2	0,2	0,25	0,25	0,2	0,3	0,35	0,5	[illegible]
24. 4. 1903	IV	über 200	0,1	0.1	0.1	0.1	0.1	0,12	0.12	0,18	0,18	0,15	0,15	0,1	—	0,1	[illegible]
2[illegible]. 7. 1903	IX	12.6	0.25	0.25	0.25	0,25	0,3	0,35	0,35	0,3	0,25	0,3	0,6	0,25	0,3	0,25	[illegible]
14. 9. 1903	XI	15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25	0,2	[illegible]
Summe		76.4	1.25	0.60	0.75	0,80	0.85	1.37	0,87	0,88	0,88	0,90	1.15	1,45	0.90	1.05	
Durchsch.		15.3	0.25	0,15	0,19	0.2	0.21	0.23	0.22	0.22	0.22	0,25	0,29	0,29	0,30	0.26	

Digitized by Google

nterhalb der Einmündung der Schmutzwässer, am Wasserwerk.

t e l l u n g.

ben an mg im Liter).

Salpetersäure	Chlor	Kaliumpermanganatverbrauch	Anzahl der Keime in 1 ccm													
			linkes Ufer		gegen die Mitte			Mitte			gegen das rechte Ufer			rechtes Ufer		
durchschnittl.	Mitte Oberfl.	Mitte Oberfl.	Oberfläche	Grund	Oberfläche	Mitte	Grund	Oberfläche	Mitte	Grund	Oberfläche	Mitte	Grund	Oberfläche	Mitte	Grund
0	11	34	2046					1441	2788	1747				2250		
0	14	24	1370	1380	1570	1590	1890	3975	2620	3290	3950	3110	3200	2450	—	2900
0	18	42	1690	1060	1560	2008	1800	2710	2710	2540	4020	4080	5790	2110	2850	4580
0	16	36	3470	2420	2600	2620	6640	2040	2140	3200	4480	5620	2340	2280	1840	1690
0	21	27	1700	2240	3110	3030	3200	17100	18100	19200	1225	1624	1117	1567	2040	2143
0	18	33	880	960	920	1130	870	1670	1200	1360	2080	2490	2870	2810	2520	2130
0	25	38	820	1830	1920	2020	2240	2090	2370	2260	1840	1930	2080	2030	—	1970
	123	**234**	**11976**	**9990**	**11680**	**12398**	**16640**	**31026**	**31928**	**33597**	**17595**	**18854**	**17397**	**15497**	**9250**	**15413**
	17,5	**33,4**	**1711**	**1665**	**1947**	**2066**	**2773**	**4432**	**4561**	**4799**	**2933**	**3142**	**2900**	**2214**	**2313**	**2569**
0	32	32	555					710						400		
0	18	26	19110	12740	12545	13585	14820	12805	20275	18850	20280	20945	27950	26130	—	27950
0	14	31	1430	1540	1920	1670	1380	2740	1310	1330	2020	2440	2580	2070	—	2560
0	21	61	2750	2400	2450	4120	2680	3840	6800	6840	4880	6240	5920	2100	—	3640
0	25	38	1950	1990	1870	1830	2240	1990	3050	2660	4320	3960	3090	4620	—	3790
	110	**188**	**25795**	**18670**	**18785**	**21205**	**21120**	**22085**	**31435**	**19680**	**31500**	**33585**	**39540**	**35320**		**37940**
	22	**37,6**	**5159**	**4668**	**4696**	**5301**	**5280**	**4417**	**7859**	**4920**	**7875**	**8396**	**9885**	**7064**		**9485**

Tabelle VI. Untersuchungsergebnisse.

Zusammen-

(Die Zahlen der chemischen Analysen

	Datum	No. der Untersuch.	Durchsichtigkeit in cm	Ammoniak: an der Einmündung des Stadtgrabens	Ammoniak: kurz vor dem Austritt in den Main: Oberfläche	Ammoniak: kurz vor dem Austritt in den Main: Mitte	Ammoniak: kurz vor dem Austritt in den Main: Grund
Trockene Tage	10. 3. 1903	I	18,8	0,1		0,1	
	25. 3. 1903	II	über 20.0	0,1	0.27	0.5	[2,7 [1])]
	7. 5. 1903	V	do.	0	0,1	0.3	0.45
	30. 5. 1903	VI	16,0	0,1	0,1	0.1	0,5
	17. 6. 1903	VII	über 20.0	0,1	0,1	0.1	0.9
	2. 7. 1903	VIII	do.	0,1	0,15	0,25	1.5
	13. 8. 1903	X	11,2	0	0	0.1	0.2
	Summe:		**126.0**	**0,5**	**0,72**	**1,45**	**3.55**
	Durchschnitt:		**18.0**	**0.07**	**0,12**	**0.21**	**0,71**
Regentage	25. 7. 1902	𝔅.	—	—	—	—	—
	6. 4. 1903	III	8.8	0.3	0.32	0.4	3,0
	24. 4. 1903	IV	über 20,0	0,1	0.15	0,15	0,35
	21. 7. 1903	IX	do.	0.2	0,2	0.2	0.35
	14. 9. 1903	XI	16,6	0.15	0,15	0.2	0,4
	Summe:		**65.4**	**0,75**	**0,82**	**0,95**	**4.40**
	Durchschnitt:		**16.4**	**0.19**	**0.21**	**0.24**	**1.03**

1) Wasserprobe enthielt übelriechenden Schlamm, beim Durchschnitt nicht

betreffend das Wasser des Mainkanals.

s t e l l u n g.

geben an mg im Liter).

Salpetrige Säure: an der Einmündung des Stadtgrabens	Salpetrige Säure: kurz vor dem Austritt in den Main – Oberfläche	Salpetrige Säure: kurz vor dem Austritt in den Main – Mitte	Salpetrige Säure: kurz vor dem Austritt in den Main – Grund	Salpetersäure	Chlor (kurz vor dem Austritt in den Main Oberfläche)	Kaliumpermanganatverbrauch (kurz vor dem Austritt in den Main Oberfläche)	Organischer Stickstoff (kurz vor dem Austritt in den Main Oberfläche)	Anzahl der Keime in 1 ccm: an der Einmündung des Stadtgrabens	Anzahl der Keime in 1 ccm: kurz vor dem Austritt in den Main – Oberfläche	Anzahl der Keime in 1 ccm: kurz vor dem Austritt in den Main – Mitte	Anzahl der Keime in 1 ccm: kurz vor dem Austritt in den Main – Grund
0		0		0	18	26	5.6	1 926	1 830		
0	0	0	0	0	28	13	2.2	970	1 700	1 620	1 880
0	0	0	0	0	32	16	1,5	1 620	4 120	4 600	10 880
	0			0	53	13	1.9	1 280	1 720	1 340	10 800
	0			0	63	13	1.2	1 220	48 000	54 000	63 700
	0			0	48	15	1,2	3 920	5 240	5 800	7 320
	0			0	50	25	0,9	2 510	1 970	2 320	2 620
					292	**121**	**14,5**	**13 446**	**64 580**	**69 680**	**97 200**
					42	**17**	**2.07**	**1 921**	**9 226**	**11 613**	**16 200**
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	0	0	0	0	32	24	0.9	22 880	30 875	29 315	38 610
0	schwach	schwach	0	0	35,5	13	0,92	2 840	3 140	2 920	3 370
	0			0	60,0	14	1.2	2 540	4 540	5 180	7 740
0	0	0	0	0	41	23	1,1	5 330	4 550	5 310	8 560
					168,5	**74**	**4.12**	**33 590**	**43 105**	**42 725**	**58 280**
					42,1	**19**	**1,03**	**8 398**	**10 776**	**10 681**	**14 570**

berücksichtigt.

Tabelle VII. Untersuchungsergebnisse, betreffend das Wasser der Kinzig.

Zusammenstellung.

(Die Zahlen der chemischen Analysen geben an mg im Liter).

	Datum	No. der Untersuch.	Durchsichtigkeit in cm	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Chlor	Kaliumpermanganatverbrauch	Organischer Stickstoff	Anzahl der Keim[illegible]
Trockene Tage	10. 3. 1903	I	18,8	0,1	0	0	17	24	1,4	1820
	25. 3. 1903	II	über 20.0	0,1	0	0	28	13	2,0	1080
	7. 5. 1903	V	do.	0,0	0	0	32	15	1,4	1419
	30. 5. 1903	VI	16.2	0,1	0	0	43	11	1,5	1150
	17. 6. 1903	VII	über 20.0	0,1	0	0	63	13,5	1,1	1120
	2. 7. 1903	VIII	do.	0,1	0	0	48	14	0,95	3600
	13. 8. 1903	X	do.	0,0	0	0	51	21	0,8	1220
	Summe:		**135,0**	**0.5**			**282**	**111.5**	**9.15**	**11540**
	Durchsch.:		**19.3**	**0.07**			**40.3**	**15.9**	**1.31**	**1649**
Regentage	25. 7. 1902	28.	5.0	0.2	-	—	60	--	--	67000
	6. 4. 1903	III	6,3	0,3	0	0	25	29	0,8	3120
	24. 4. 1903	IV	über 20,0	0,1	0	0	35,5	13	1,5	280
	21. 7. 1903	IX	do.	0,15	0	0	57	14	1,2	109
	14. 9. 1903	XI	14,5	0.1	0	0	53	20	0,84	440
	Summe:		**65,8**	**0,85**			**230,5**	**76**	**4.34**	**70949**
	Durchsch.:		**13,2**	**0.17**			**46.1**	**19**	**1.09**	**14188**[1]

1) 9 870 mit Ausschaltung der Zahl vom 25. 7. 02.

Tabelle VIII.

…mmenstellung der Durchschnittszahlen aus Tabelle II bis VII aus den ver-…denen Stellen des Stromquerschnitts nebst daraus berechneten Mittelwerten.

(Der Mittelwert wird durch schräg stehende Ziffern angegeben.)

Entnahmestelle	Durchsichtigkeit in cm	Ammoniak, mg im Liter										
		linkes Ufer		Durchschnitt	gegen die Mitte			Durchschnitt	Mitte			Durchschnitt
		Oberfläche	Grund		Oberfläche	Mitte	Grund		Oberfläche	Mitte	Grund	
Main oberhalb Mainkanal	18,4	0,2		*0,2*					0,2			*0,2*
Main oberhalb der Schmutzwassereinmündung	18,5	0,18		*0,18*					0,18			*0,18*
Main unterhalb der Schmutzwassereinmündung am Schloss Philippsruhe	18,6	0,2	0,21	*0,21*	0,19	0,23	0,21	*0,21*	0,18	0,20	0,18	*0,19*
Main unterhalb der Schmutzwassereinmündung am Wasserwerk	18,6	0,21	0,23	*0,22*	0,20	0,19	0,18	*0,19*	0,18	0,19	0,20	*0,19*
Mainkanal kurz vor Austritt in den Main	18,0								0,12	0,21	0,71	*0,35*
Kinzig	19,3								0,07			*0,07*
Main oberhalb Mainkanal	14,3	0,23		*0,23*					0,23			*0,23*
Main oberhalb der Schmutzwassereinmündung	15,6	0,21		*0,21*					0,21			*0,21*
Main unterhalb der Schmutzwassereinmündung am Schloss Philippsruhe	14,8	0,2	0,2	*0,2*	0,3	0,23	0,22	*0,25*	0,29	0,23	0,25	*0,26*
Main unterhalb der Schmutzwassereinmündung am Wasserwerk	15,3	0,25	0,15	*0,2*	0,19	0,20	0,21	*0,20*	0,23	0,22	0,22	*0,22*
Mainkanal kurz vor Austritt in den Main	16,4								0,21	0,24	1,03	*0,49*
Kinzig	13,2								0,17			

(Fortsetzung umstehend.)

Tabelle

	Entnahmestelle	Ammoniak, mg im Liter: gegen das rechte Ufer: Oberfläche	Mitte	Grund	Durchschnitt	rechtes Ufer: Oberfläche	Mitte	Grund	Durchschnitt	Gesamtdurchschnitt	Chlor (mg im Liter)	Kaliumpermanganatverbrauch (mg im Liter)	Organischer Stickstoff (mg im Liter)	linkes Ufer: Oberfläche	Grund
Trockene Tage	Main oberhalb Mainkanal					0,23			*0,23*	*0,21*	16,3	38		1640	
	Main oberhalb der Schmutzwassereinmündung					0,16	0,17	0,26	*0,20*	*0,19*	24	34		1164	
	Main unterhalb der Schmutzwassereinmündung a. Schloss Philippsruhe	0,22	0,19	0,23	*0,21*	0,19	0,17	0,20	*0,19*	*0,20*	17	34		2095	[illegible]
	Main unterhalb der Schmutzwassereinmündung a. Wasserwerk	0,19	0,21	0,21	*0,20*	0,18	0,17	0,23	*0,19*	*0,20*	17,5	33,4		1711	[illegible]
	Mainkanal kurz vor Austritt in den Main									*0,35*	42	17	2,07		
	Kinzig									*0,07*	40,3	15,9	1,31		
Tage mit oder nach Regen	Main oberhalb Mainkanal					0,23			*0,23*	*0,23*	17,7	38,7		5222	[illegible]
	Main oberhalb der Schmutzwassereinmündung					0,31	0,28	0,39	*0,33*	*0,28*	27,0	37,0		6184	[illegible]
	Main unterhalb der Schmutzwassereinmündung a. Schloss Philippsruhe	0,24	0,23	0,22	*0,23*	0,29	0,22	0,22	*0,24*	*0,24*	20,2	42,4		4988	[illegible]
	Main unterhalb der Schmutzwassereinmündung a. Wasserwerk	0,22	0,25	0,29	*0,25*	0,29	0,30	0,26	*0,28*	*0,23*	22	37,6		5159	[illegible]
	Mainkanal kurz vor Austritt in den Main									*0,49*	42,1	19,0	1,03		
	Kinzig									*0,17*	46,1	19,0	1,09		

Digitized by Google

tsetzung.)

Keime in 1 ccm

n die Mitte			Mitte			Durchschnitt	gegen das rechte Ufer			Durchschnitt	rechtes Ufer			Durchschnitt	Gesamt-Durchschnitt
Mitte	Grund	Durchschnitt	Oberfläche	Mitte	Grund		Oberfläche	Mitte	Grund		Oberfläche	Mitte	Grund		
			1701			*1701*					1437			*1437*	*1593*
			1304			*1304*					2587	4147	7795	*4843*	*3399*
1493	1623	*1636*	5224	4626	3379	*4410*	7015	7650	5022	*6562*	3366	3690	4640	*3899*	*3822*
2066	2773	*2252*	4432	4561	4799	*4597*	2933	3142	2900	*2992*	2214	2313	2569	*2365*	*2839*
			9226	11613	16200	*12346*									*12346*
			1649			*1649*									*1649*
			6891			*6891*					5501			*5501*	*5905*
			4409			*4409*					7510	8436	10078	*8674*	*7323*
5283	2487	*4303*	5284	4083	3270	*4212*	7900	5596	4485	*5993*	5645	3755	3630	*4343*	*4540*
5301	5280	*5092*	4417	7859	4920	*5732*	7875	8396	9885	*8719*	7064	—	9485	*8275*	*6538*
			10776	10681	14570	*12009*									*12009*
			(11896[1]) (9870[2])			*9870*									*9870*

1) Durch eine ungewöhnlich hohe Einzelzahl hervorgerufen (vom 25. 7. 02).
2) Mit Ausschaltung derselben.

Digitized by Google

Tabelle IX.

Main bei Hanau (schematisch). Durchschnittliche Keimzahlen und durchschnittlicher Gehalt an Ammoniak (mg im Liter). Trockene Tage.

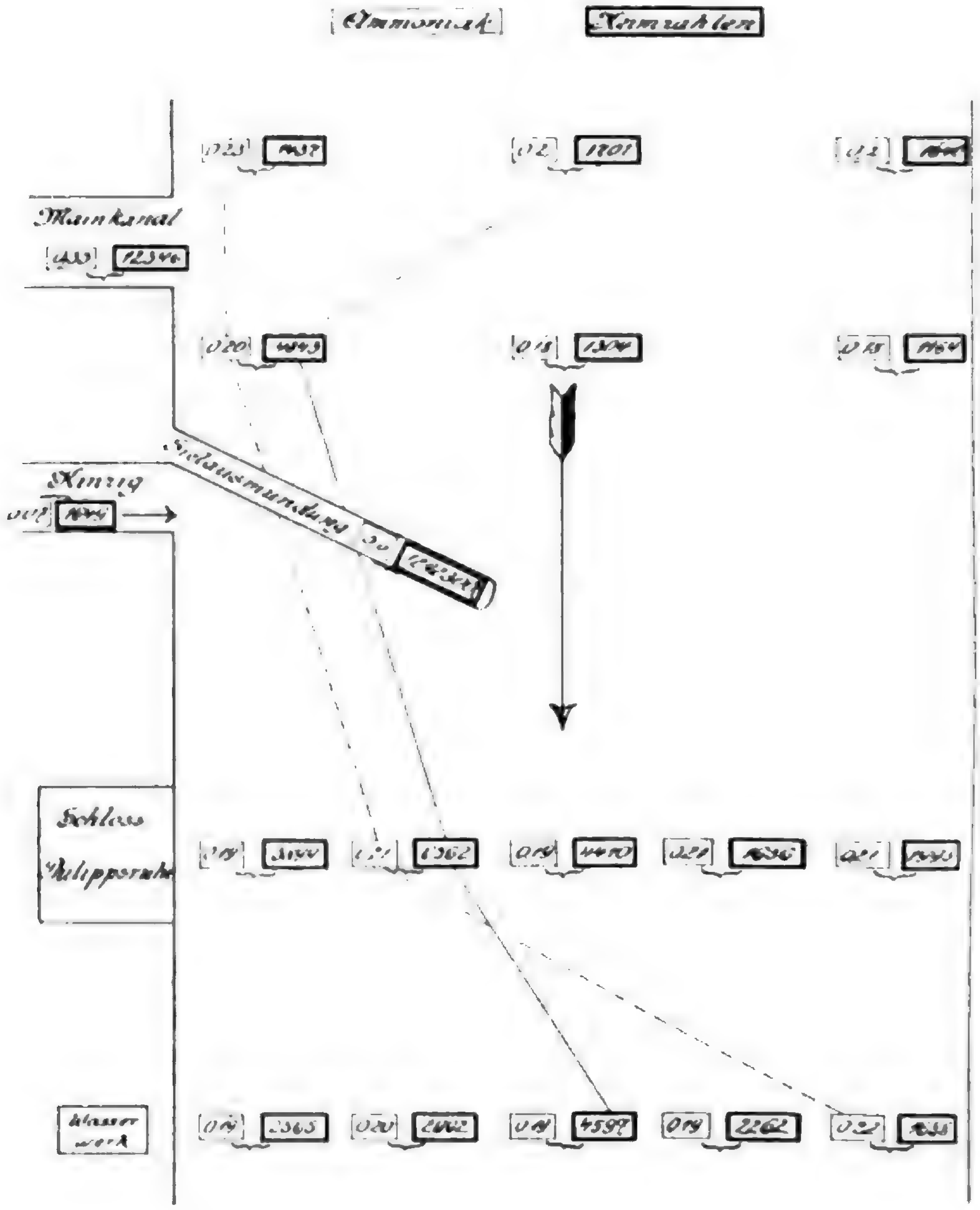


Tabelle X.

Main bei Hanau (schematisch). Durchschnittliche Keimzahlen und durchschnittlicher Gehalt an Ammoniak (mg im Liter). Tage mit oder nach Regen.

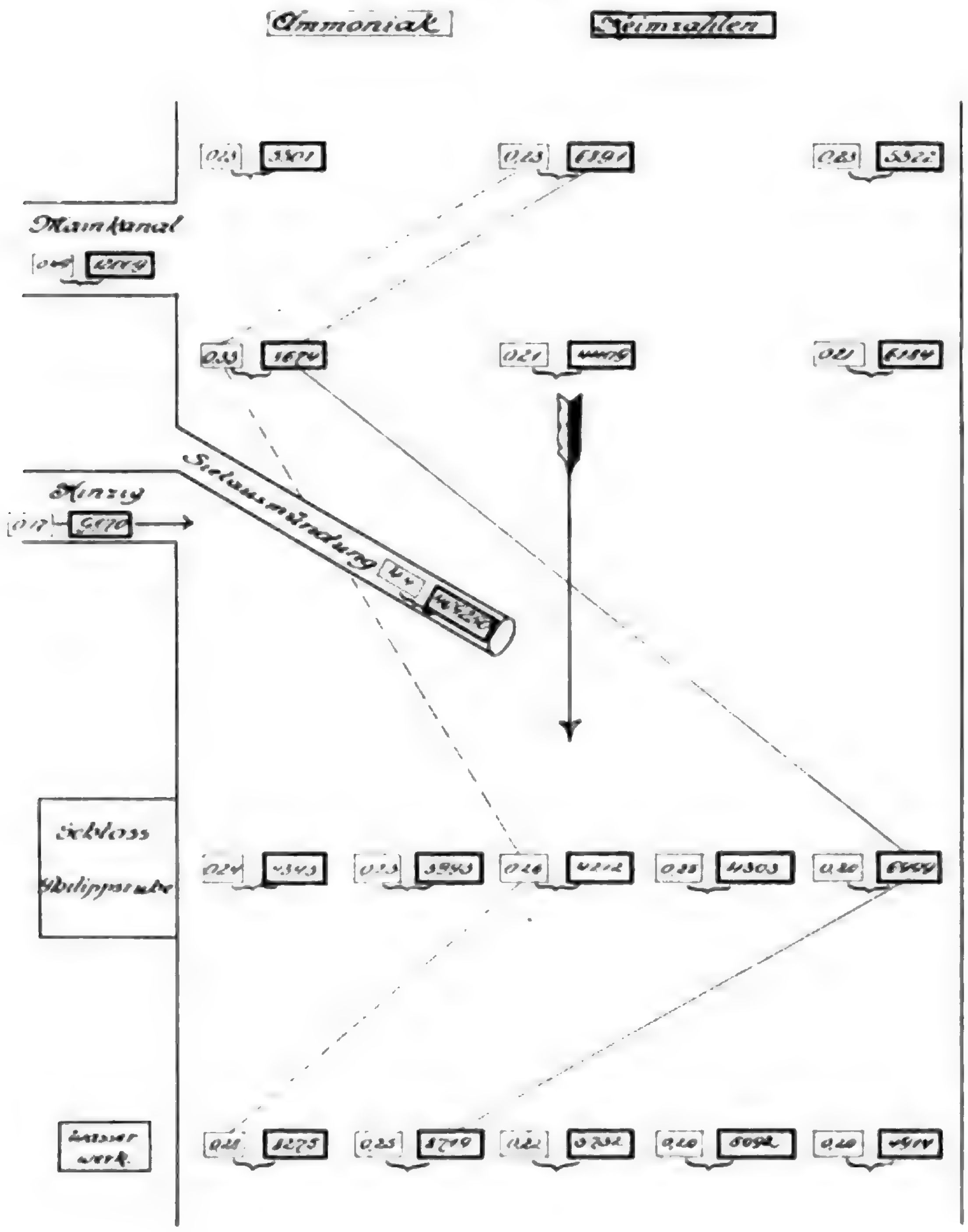
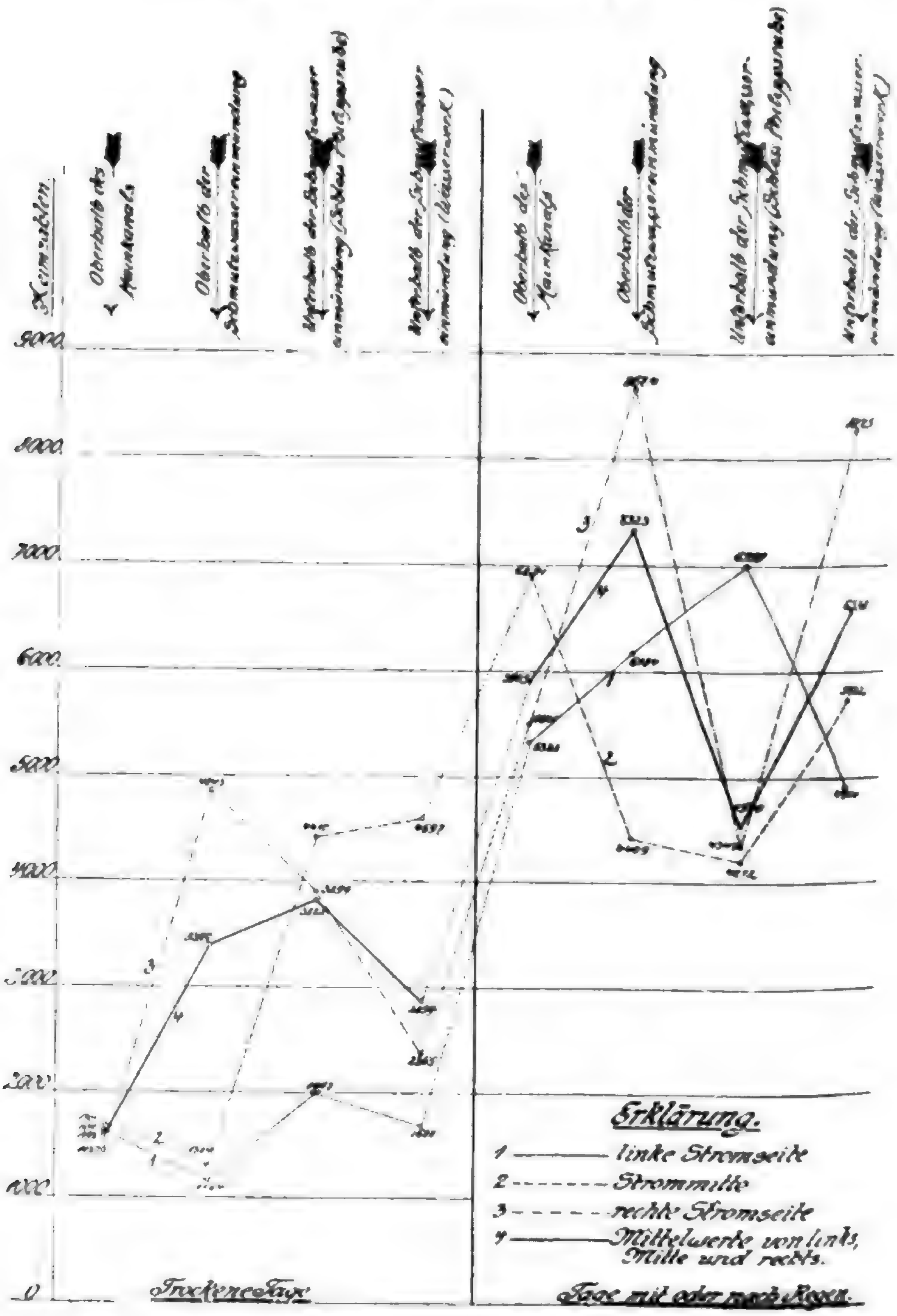


Tabelle XI.

Graphische Darstellung der bei der bakteriologischen Untersuchung des Mainwassers bei Hanau im Durchschnitt von 7 resp. 5 Untersuchungsserien gefundenen Keimzahlen. Juli 1902 bis September 1903.



Anlage A zu dem Gutachten der Königlichen Prüfungsanstalt über die Zulässigkeit der Fäkalienabschwemmung der Stadt Hanau in den Main.

Bericht über die biologische Untersuchung des Mains vom 15. bis 18. Mai 1903. (Berichterstatter Prof. Dr. Marsson.)

Nach den Resultaten der chemischen und bakteriologischen Untersuchungen des Mains oberhalb und unterhalb der Stadt Hanau erschien es der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung erforderlich, für die Gesamtbeurteilung aller Verhältnisse und Verunreinigungsursachen, welche auch schon oberhalb der Einmündung der Hanauer Abwässer in Betracht kommen, dem Magistrat der Stadt Hanau eine systematische biologische Untersuchung des Mainflusses vorzuschlagen.

Nachdem auf das diesbezügliche Schreiben der Anstalt vom 7. Mai v. J. der Magistrat sich durch das Schreiben vom 9. Mai v. J. mit solcher Untersuchung einverstanden erklärt hatte, begab sich das Anstaltsmitglied Prof. Dr. Marsson nach Hanau und begann die Untersuchungen am 15. Mai.

An der Mainbefahrung beteiligten sich dauernd der städtische Chemiker Herr Dr. Rau, sowie der städtische Ingenieur Herr Joannini und der städtische Hafenmeister.

Am 15. Mai wurde der Main mit einem grösseren Ruderboote oberhalb der Stadt Hanau einer genauen Besichtigung unterworfen. Es wurden bei dieser Fahrt alle in Betracht kommenden Verhältnisse, namentlich die Ausflussstellen von Abwässern, in Augenschein genommen, das im Flusse treibende Material (Plankton und Pseudoplankton) makroskopisch und später mikroskopisch untersucht; gleichfalls wurde Grundschlamm mittels einer an einer 10 bezw. 30 m langen Kette befestigten Dretsche entnommen und auch die Uferpfähle, die Flösse, die Buhnen, sowie die in dem Flusse treibenden und fest gewachsenen Pflanzen einer genauen Besichtigung unterzogen.

Gleich bei Beginn der Fahrt wurde konstatiert, dass das Mainwasser in seiner ganzen Breite mit durchschnittlich mehrere Centimeter dicken weisslich-grauen und schleimigen Flocken trieb, welche dem oberen Laufe des Flusses zu entstammen schienen.

Die mikroskopische Untersuchung der im frischen Zustande entnommenen Proben wurde unmittelbar nach Rückkehr im Laboratorium

Digitized by Google

des Herrn Dr. Rau vorgenommen, während ein anderer Teil des Materials an Ort und Stelle konserviert wurde und erst in Berlin zur Untersuchung gelangte. Die sofortige Untersuchung des frischen Materials war notwendig zur Feststellung gewisser typischer Abwasserorganismen, namentlich von Protozoen, welche nach Zusatz von Konservierungsmitteln sofort zerfliessen, im frischen Wasser jedoch, bei dessen Aufbewahrung und je nach dem Grade der dadurch bedingten Zersetzung, in ihrem Auftreten einem schnellen Wechsel unterliegen.

Am 16. Mai wurde mit einem von der Königlichen Wasserbauinspektion zur Verfügung gestellten Motorboote, in dessen an Deck befindlicher Kajüte während des Stillstandes des Bootes die mikroskopische Untersuchung des entnommenen Materials unmittelbar nach der Entnahme ausgeführt werden konnte, der Main vom Hafen der Stadt Hanau an bis nach Frankfurt hin befahren. Nach Beginn dieser Befahrung wurde auch das Hauptsiel der städtischen Kanalisation und deren mechanische Reinigungsvorrichtung, sowie auch die Uferstrecken in der Nähe der Ausflussstellen des Abwassers, ferner das Kinzigwasser selbst, einer Besichtigung unterworfen.

Da sich bei der Besichtigung und Untersuchung herausstellte, dass die Hauptverschmutzung des Mains oberhalb der bisher untersuchten Stellen ihren Ursprung nimmt, wurde am 18. Mai die Befahrung des Mains von Aschaffenburg aus fortgesetzt, wieder mit dem erwähnten Motorboote, auf welchem auch wieder die vorläufige Untersuchung des frischen Materials angestellt werden konnte.

Die Probeentnahme erfolgte an folgenden Stellen, und die mikroskopische, biologische und chemische Untersuchung der entnommenen Proben ergab folgende Resultate:

Probe 1. 50 bis 80 m oberhalb des Mainkanals:

Plankton (alle Planktonproben wurden mit einem Netze aus feiner Seidengaze aus den oberen Schichten des freien Mainwassers mehrere Minuten lang in langsamer Fahrt des Bootes gefischt).

Sphaerotilus natans, sehr viel: Oscillatoria limosa, Dactylococcopsis rhaphidioides, Cryptomonas erosa, Euglena viridis, Chlamydomonas ehrenbergi, Chlamydomonas longistigma, Eudorina elegans, Closterium acerosum, Pediastrum boryanum genuinum, Scenedesmus quadricauda, Rhaphidium polymorphum, Ulothrix zonata, Nitzschia sigmoidea und acicularis, Stauroneis anceps, Synedra ulna, Stephanodiscus hantzschianus und var. pusillus, häufig, Pleurosigma attenuatum, Navicula rhynchocephala und Navicula cryptocephala et varietas exilis, Fragilaria capucina, crotonensis und parasitica, Rhoicosphenia curvata, Diatoma

Digitized by Google

vulgare, Melosira varians; Euplotes patella; Anuraea cochlearis, Notholca labis, Diglena caudata; Nematoden, Tubifex rivulorum und Cyclops.

Probe 2. 60 m oberhalb des Mainkanals:

Von den vielen im Flusse treibenden schleimigen Flocken wurde eine Probe mit einem weitmaschigen Gazenetze entnommen. Dieselben bestanden hauptsächlich aus Sphaerotilus natans, daneben auch Cladophora glomerata und Oscillatoria limosa, von Diatomaceen ausser den genannten noch Cymatopleura solea, Encyonema ventricosum, Nitzschia communis, Gomphonema olivaceum u. a.

Probe 3. 100 m oberhalb des Mainkanals:

Im Flussgrunde festgewachsene und bis zur Oberfläche flutende Wasserpflanzen, an welchen sich am unteren Ende viel graubraune schlammige Massen festgesetzt hatten: Ranunculus fluitans mit einigen Zweigen von Ranunculus acer; in dem Blattgewirr Gammarus fluviatilis in alten und jungen Exemplaren, häufig; Nephelis vulgaris, auch ein ganz junger Fisch. Unten Sphaerotilus natans.

Probe 4. Oberhalb der Eisenbahnbrücke vor Klein-Steinheim:

Zug mit der Grundschleppe (Dretsche), n. b. alle diese Züge wurden vom Boote aus vorgenommen, die Dretsche wurde je nach der Tiefe des Wassers an einer 10 bezw. 30 m langen Kette bis auf den Grund hinabgelassen und nun auf dem Flussgrunde in langsamer Fahrt des Bootes nachgeschleift.

a) 1. Zug: Nur Steine und wenig braune schleimige Massen. Die Steine zeigten sich besetzt mit linsengrossen Cocons, welche von Egeln (Nephelis vulgaris) an denselben abgesetzt waren. Die schleimigen Massen bestanden aus Sphaerotilus natans.

b) 2. Zug: Steine, grosse Muscheln und stinkender Schlamm. Dieser ganze Dretschezug wurde in einem grossen Siebe mit Drahtgeflecht von verschiedener Maschenweite auf der Wasseroberfläche abgesiebt. Es blieben zurück: Steine und vereinzelte Kiesstückchen, darunter schwarze stinkende schleimige Massen, sowie Muscheln, Wasserschnecken, Insektenlarven und grüne Fadenalgen. Bei der genauen mikroskopischen und biologischen Untersuchung wurde konstatiert, dass die schwarzen Massen aus in Zersetzung begriffenem Sphaerotilus bestanden, zwischen dessen Fäden sich Abwasserorganismen befanden, wie schwärmende Vorticellen, auch Stöcke von Vorticella convallaria. Viele junge Larven von Chironomus plumosus hielten sich dazwischen in ihren Röhren auf: ferner fanden sich vor Anodonta und Sphaerium corneum sowie Bythinia tentaculata, Nephelis vulgaris und Cladophora glomerata.

Begutachtung der Proben 1 bis 4.

Die grosse Menge der im Main treibenden Pilze, welche teilweise am Flussgrunde in Fäulnis übergegangen waren, beweist, dass oberhalb der Stadt Hanau eine sehr starke Verunreinigung des Flusses

Digitized by Google

stattgefunden hat. Die gröbere Wasserfauna erwies sich als nicht geschädigt, da durch die grosse Wasserführung und starke Strömung des Mains für ihr Leben genügend Sauerstoff vorhanden ist.

Probe 5. Zwischen Gross- und Klein-Steinheim. Plankton:

Sphaerotilus natans, viel: Oscillatoria limosa, Dinobryon sertularia. Synura uvella, Cryptomonas erosa häufig. Eudorina elegans und neben den Organismen, wie unter Probe 1 aufgeführt, noch Brachionus pala. Salpina mucronata und Synchaeta pectinata.

An Ranunculus fluitans wurde konstatiert, dass Sphaerotilus natans nicht festgewachsen, sondern nur angetrieben war.

Probe 6. Ebenda, schaumige braune Massen, an einem Floss angetrieben:

Unmassen von Larvenhüllen der Zuckmücke Chironomus motilator. dazwischen zahllos Nitzschia acicularis.

Angetrieben fanden sich auch Triebe von Potamogeton crispus.

Probe 7. Ebenda: Treibende schleimige Massen: Sphaerotilus natans: vereinzelt auch Flocken, aus Hyphen einer Mucorart bestehend, zwischen denselben Fetttropfen und vereinzelt Synedra ulna. Typische Abwasserorganismen sind in den Pilzflocken nicht aufzufinden.

Probe 8. Linkes Mainufer bei Gross-Steinheim:

Wasser für die chemische Untersuchung (vergl. beiliegende Tabelle aus dem Rauschen Laboratorium); dieselbe lieferte keine bemerkenswerten Resultate.

Probe 9. Ebenda: Schlamm mit der Dretsche entnommen. Derselbe war in grossen Mengen vorhanden, braunschwarz und stinkend. Bei der Entnahme stiegen Gasblasen zur Oberfläche: nach Aussagen der Fischer sollen an diesen und benachbarten Stellen während der heissen Jahreszeit sehr viel stinkende Gasblasen aufsteigen. Der Schlamm war so dick und dermassen schleimig, dass er sich nicht oder nur in ganz kleinen Mengen absieben liess. Weder Muscheln, Schnecken, noch andere Vertreter der gröberen Fauna wurden in ihm bemerkt, jedoch viel zersetzter Sphaerotilus und abgestorbene Diatomaceen, nur wenig lebende.

Probe 10. Rechtes Ufer des bei Gross-Steinheim ca. 120 m breiten Stromes: Schlamm mit der Dretsche entnommen, zeigte dieselben Eigenschaften wie am linken Ufer, nur war hier mehr Kies vorhanden.

Probe 11. Mehr nach der Strommitte zu wurde eine grosse Muschel (Anodonta gehoben, auch Röhrenwürmer (Tubifex rivulorum) und junge Larven von Chironomus plumosus; im Schlamm fanden sich einige Rädertiere (Rotifer macrurus).

Probe 11b. In der Strommitte wurde nur Flusssand, „Mainkies“, gehoben.

Begutachtung der Proben 5 bis 11.

Treibende Pilze waren bei Steinheim in noch grösseren Mengen vorhanden, als im Main oberhalb Hanau.

Digitized by Google

Durch die Konstatierung der an den Wasser- und Uferpflanzen nur haftenden und an keiner Stelle festgewachsenen Pilze war bewiesen, dass die Verunreinigung des Flusses nicht in der Nähe der entnommenen Proben, sondern weiter oberhalb stattgefunden hatte.

Eine sehr beträchtliche Schlammablagerung war durch die starke Biegung des Flusses und die dadurch bedingte schwächere Strömung bei Gross-Steinheim bewirkt und zwar auf beiden Seiten des Flusses, während der Flussgrund in der Mitte bei der sich hier geltend machenden Strömung schlammfrei befunden wurde. Der Schlamm selbst war zum grössten Teile aus zu Boden gesunkenen und in Fäulnis übergegangenen Pilzmassen gebildet. In den tieferen Schlammmassen der Uferzone war weder pflanzliches noch tierisches Leben zu konstatieren: selbst die meisten Kieselalgen waren abgestorben. Erst bei der sich geltend machenden Strömung nach der Flussmitte zu und demgemäss grösserer Sauerstoffzufuhr fand wieder die Fauna des Grundes ihre Lebensbedingungen.

Probe 12. Oberhalb Gross-Steinheim mehrten sich die Pilzflocken: namentlich waren die meisten Uferpflanzen an ihren untergetaucht wachsenden Teilen mit bräunlichen Flocken behangen. Diese Sphaerotilusflocken enthielten oft beigemengt die grüne Fadenalge Cladophora glomerata, und in dieser gediehen fluviophile Diatomaceen wie Navicula cryptocephala mit ihrer Varietät exilis, Gomphonema olivaceum, Surirella ovalis var. ovata, Synedra ulna u. a., auch Cryptoglena coerulescens war nicht selten.

Probe 13. Flussmitte zwischen Steinheim und Auheim. Plankton: Viel Detritus und viel Sphaerotilus, Eudorina elegans häufig, Pandorina morum einzeln, viel Nitzschia acicularis, Salpina mucronata nicht selten, sonst dieselben Organismen wie auch weiter unterhalb.

Probe 14. Flussmitte unterhalb Auheim. Plankton: Dieselben Bestandteile wie in Probe 13, neben Sphaerotilus kam Mucor vor, auch viel Nitzschia acicularis und sigmoidea, gleichfalls Stephanodiscus hantzschianus.

Probe 15. Riedgrasbestände, am Ufer, sowie untergetaucht wachsend, wohl Carex riparia. Alle diese Grashalme waren mit Pilzen besetzt, doch ergab die mikroskopische Untersuchung, dass sie nicht angewachsen waren: an den Flössen waren gleichfalls Pilzmassen oft in grösseren Mengen angetrieben.

Probe 16. Dieselben Bestände weiter oberhalb in einer Ausbuchtung des rechten Ufers. Hier hatten die Pilzmassen eine dunklere Farbe und begannen in Fäulnis überzugehen: demgemäss fanden sich zwischen ihnen typische Abwasserorganismen vor wie Euplotes charon und Euglena viridis. Wieder waren hier häufig die Diatomaceen Nitzschia acicularis

Digitized by Google

und Stephanodiscus, daneben noch Closterium leibleini und viel Entwicklungszustände von Scenedesmus obliquus.

Probe 17. Ebenda: Wasser für die chemische Untersuchung, welche ebensowenig bemerkenswerte Resultate ergab, wie die der ersteren Wasserprobe (No. 8).

Probe 18. Ufer an der Königlichen Pulverfabrik bei Auheim.

Die an den Wasser- und Uferpflanzen haftenden Pilze zeigen ein helleres und frischeres Aussehen wie weiter unterhalb, namentlich waren die Endflocken von mehr weisser Farbe; sie bestanden lediglich aus unzersetztem Sphaerotilus.

Probe 19. Am Ausflusse des Abwassers aus der Königlichen Pulverfabrik, in dessen Nähe die Wasser- und Uferpflanzen keine Schädigung aufwiesen.

Wasser für die chemische Untersuchung (vergl. Tabelle); dieselbe ergab keine bemerkenswerten Resultate und verhielt sich fast gleich den Proben 8 und 17.

Probe 20. Ebenda, weisse Flocken, aus Fusarium aquaeductuum bestehend.

Probe 21. Weiter oberhalb, angeblich an einem anderen unter der Wasseroberfläche statthabenden Ausfluss der Pulverfabrik.

Wasser: Ganz schwach alkalisch, von normalen Eigenschaften.

Probe 22. Ebenda, grüne Fadenalgen:

Cladophora glomerata, in ihrem Gewirr junge Larven von Chironomus motilator, auch Sphaerotilus natans. Von fluviophilen Kieselalgen: Navicula cryptocephala und var. exilis, Synedra ulna, Gomphonema olivaceum, Diatoma vulgare, Rhoicosphenia curvata, Cocconeis, Amphora u. s. w. Eine stattgehabte Verunreinigung zeigen besonders an: Melosira varians und viel Navicula radiosa, sowie Nitzschia acicularis und palea.

Probe 23. Schlamm mit der Dretsche gehoben, stinkend. Gesiebt bleiben gelblich braune Flocken von Sphaerotilus zurück, sowie kleine Muscheln (Sphaerium rivicolum).

Probe 24. Auf der Rückfahrt wurden am linken Ufer noch an den Buhnen einige Schlammproben mit dem kleinen Schlammheber genommen. Auch hier hatte der Schlamm dasselbe Aussehen wie an den anderen Stellen und war er unterhalb der Buhnen in Zersetzung begriffen, während er oberhalb derselben weniger stinkend befunden wurde. Unterhalb fanden sich auch typische Abwasserorganismen wie Stentor coeruleus und Spirostomum ambiguum, gleichfalls Amöben wie Hyalodiscus limax.

Begutachtung der Proben 12 bis 24.

Die Menge der treibenden Wasserpilze nimmt, je weiter oberhalb die biologische Untersuchung vorgenommen wurde, in desto höherem Grade zu: fast alle untergetaucht wachsenden Pflanzen (namentlich Ranunculus fluitans und Carexarten) sind mit ihnen besetzt. Ihr Vor-

Digitized by Google

kommen ist beweisend dafür, dass grosse Mengen organischer stickstoffhaltiger Substanzen in den Fluss gelassen sind.

Die in der Flussmitte treibenden Pilzflocken waren zum grössten Teil unzersetzt, durch die in der Strömung befindlichen reichlichen Sauerstoffmengen vor Fäulnis bewahrt. Dagegen geraten die in ruhigen Flussstellen, Uferbuchten unterhalb der Buhnen befindlichen Pilze in schnelle Zersetzung und bilden stinkenden Schlamm, welcher oft ohne tierisches und pflanzliches Leben befunden wurde. Nach Angaben von Hanauer Fischern soll dieser Schlamm im Winter für die Fische gefährlich werden, namentlich für die im Main häufigen und sich am Grunde in grossen Mengen zusammengedrängt aufhaltenden Barben. „Die Flossen und Schwänze faulen förmlich ab", und demgemäss werden im Winter viele abgestorbene Barben treibend gefunden.

Im übrigen ist der Main noch reich an Fischen; auch Hechte und Barsche sollen häufig sein, besonders aber Bresem (Abramis brama) und Hasel (Squalius leuciscus), sowie Schwale (Chondrostoma nasus) und andere Weissfische. Schleie und Karpfen sind wenig vorhanden; der Aal soll zurückgegangen sein. Nachdem der Krebsbestand des Mains durch die Krebspest fast vernichtet worden ist, beginnen sich wieder einzelne Krebse zu zeigen, zwar nur an solchen Stellen, wohin die Strömung frisches Wasser führt. Dank dieser Strömung finden also die meisten Fische noch ihre Lebensbedingung im Main. Freilich klagen die Fischer sehr darüber, dass ihre ausgelegten Netze sich voll von schleimigen Pilzflocken setzen und deshalb sehr schwer zu reinigen sind.

Ausser den von weiter oberhalb kommenden sehr starken Verunreinigungen, welche sich ausser den Pilzen auch durch gewisse im Plankton aufgefundene Abwasserorganismen bemerkbar machen, wurden auf der am 15. Mai befahrenen Strecke keine weiteren Schädigungen des Flusses bemerkt. Die Königliche Pulverfabrik scheint keine schlechten Abwässer in den Main zu lassen; dagegen behaupteten die Fischer, dass die in den Kästen gehaltenen Fische durch die Abwässer einer chromolithographischen Kunstanstalt am linken Ufer bei Auheim mehrmals vernichtet seien. Für grössere Flussstrecken scheinen diese Abwässer jedoch nicht in Betracht zu kommen. Es wurde am 15. Mai noch eine Untersuchung des Mainkanals bei Hanau vorgenommen. Dieser Kanal nimmt zeitweise die städtischen Sielwässer auf, aber nach Angabe des Herrn Ingenieur Joannini nur 4mal im Jahre, während der Reinigung des Sandfanges, welche jedes-

mal 3 Tage in Anspruch nimmt. Eine Ausbaggerung soll seit 2 Jahren nicht stattgefunden haben. Mit der Dretsche wurde wenig feiner und nur schwach stinkender Schlamm zu Tage gefördert, welcher sehr leicht absiebbar war und keine Pilze enthielt, sondern nur Blätter und Aststückchen.

Probe 25. Mainkanal der Stadt Hanau:

Plankton: Viel Detritus aller Art, auch Textil- und Cellulosefasern; Oscillatoria limosa, chalybaea und natans, Closterium acerosum einzeln, Pediastrum boryanum, Vaucheria sp.; Melosira varians nicht selten, Cymatopleura elliptica, Nitzschien, Surirellen u. a. Diatomaceen; Arcella vulgaris, Spirostomum ambiguum, Colurus deflexus, Tubificiden; von Sphaerotilus wurden im mikroskopischen Bilde nur wenige Flöckchen aufgefunden.

Begutachtung des Mainkanals.

Die biologische Untersuchung desselben zeigt eine nur geringe Verunreinigung an, und zwar sprechen die aufgefundenen Organismen, wie namentlich die Melosira varians, mehr für eine vor längerer Zeit stattgehabte als für eine kürzlich stattgefundene. Schlamm war nur in geringen Mengen vorhanden, trotzdem der Kanal seit längerer Zeit nicht ausgebaggert war.

Am 16. Mai wurde zunächst das Mainufer am Ausfluss der Kinzig nahe am Hauptsammler der städtischen Kanalisation untersucht.

Probe 26. Ebendort, Uferbesatz:

Sehr viel Melosira varians, Navicula cryptocephala, Diatoma vulgaris, viel Stauroneis anceps, Cymbella lanceolata; Cryptomonas erosa; Salpina mucronata; junge Larven von Chironomus motilator. Wenig Sphaerotilus.

Probe 27. Main unterhalb des Ausflusses der Kinzig, Plankton:

Sphaerotilus, wenig grössere Flocken; Detritus verschiedener Art, auch Woll- und Leinenfasern, viel Stephanodiscus hantzschianus, Cymbella lanceolata nicht selten, ebenso Brachionus pala; im übrigen dieselben Organismen des Planktons wie in Probe 1. Abwasserprotozoen konnten nicht konstatiert werden.

Probe 28. Main, 120 m unterhalb der städtischen Kanalisation:

Grund mit der Dretsche gehoben: Reiner Flusssand mit kleinen grünen Algenwatten, die aus Cladophora glomerata bestanden und kleine Egel (Nephelis vulgaris) enthielten, in denen aber mikroskopisch typische Abwasserorganismen nicht nachzuweisen waren.

Probe 29. Ebendort, Wasser für die chemische Untersuchung (vergl. Tabelle der chemischen Analysen); dieselbe ergab keine bemerkenswerten Resul-

Digitized by Google

tate, welche fast dieselben waren wie oberhalb Hanau, auch der Chlorgehalt ist derselbe, nur der Permanganatverbrauch um ein geringes höher.

Probe 30. Main, unterhalb des städtischen Wasserwerks:
Flussgrund mit der Dretsche gehoben: Kein Schlamm, nur Steine, alle besetzt mit Cladophora glomerata, dazwischen Sphaerotilus natans, auch eine kleine Kolonie von Carchesium lachmanni; Nematoden, Egel und junge Larven von Perliden und Chironomiden, Nais elinguis; ferner die genannten fluviophilen Diatomaceen, am häufigsten jedoch Stauroneis anceps.

Begutachtung der Proben 25 bis 30.

Eine Verunreinigung durch die städtischen Abwässer macht sich im Main 120 m unterhalb der städtischen Kanalisation biologisch noch nicht bemerkbar; eine schwache, welche von der oberhalb stattgefundenen Verschmutzung des Flusses verschieden ist, jedoch sich nur durch eine kleine Kolonie von Carchesium lachmanni charakterisiert, ist erst unterhalb des Wasserwerks bemerkbar.

Die städtischen Abwässer scheinen demnach den Main in keiner irgendwie schädlichen Weise zu beeinflussen. Die Strömung ist unterhalb der Stadt so stark, dass keine Schlammablagerung stattfindet; in den die Steine bekleidenden grünen Algen findet sich ein reiches Tierleben vor.

Probe 31. Main zwischen Dietesheim und Dörnigheim, Plankton:
Viel Sphaerotilus in grossen und kleinen Flocken treibend, Oscillatoria limosa, Melosira varians, Notholca striata, wenig Vorticella campanula, sonst die Planktonten wie früher.

Probe 32. Ebenda, Flussgrund mit der Dretsche gehoben: Kleine Steine und Kies, dazwischen wieder Cladophora mit etwas Sphaerotilus, Ranunculus fluitans, Nephelis vulgaris und eine Anodontaschale.

Begutachtung der Proben 31 und 32.

Die Verpilzung des Mains bleibt dieselbe wie oberhalb der Stadt Hanau; die Begutachtung entspricht der letzten obigen.

Probe 33. Schwarzes Abwasser, welches der Leitung der Anilinfabrik Mühlheim entströmt, stark aromatisch riecht und stark sauer reagiert. Resultat der chemischen Analyse vergl. Tabelle.

Probe 34. Ebenda, doch einige Meter unterhalb, Plankton:
Viel Sphaerotilus, sonst die Planktonten wie oberhalb, zahlreicher findet sich jedoch Cryptomonas erosa, auch nicht selten Closterium acerosum, Rädertiere wie Salpinen und Brachionen werden lebend aufgefunden.

Digitized by Google

Begutachtung der Proben 33 und 34.

Obgleich das Abwasser der Anilinfabrik nicht den üblichen Anforderungen entspricht, namentlich nicht in Betreff des hohen Abdampf- und Glührückstandes, des hohen Permanganatverbrauches, Chlor- und Säuregehaltes, so machte sich doch die Beeinflussung des Mainwassers zur Zeit auf eine nur ganz kurze Strecke bemerkbar. Nach Angaben soll jedoch zeitweise das Flusswasser auf grössere Strecken schwarz oder dunkel gefärbt sein.

Probe 35. Schon am Schloss Rumpenheim wurde konstatiert, dass die Menge der im Main treibenden Pilze merklich abgenommen hatte, dasselbe war der Fall an der Fabrik Mainkur bei Fechenheim, wo mit dem Schlammheber am Ufer bemerkbarer Schlamm entnommen wurde. Derselbe war schwarz und stinkend und enthielt sich zersetzenden Sphaerotilus, auch Cladophora mit Diatomaceen fand sich wieder vor.

Probe 36. Schleimige Massen an einem im Flusse treibenden Zweigstück haftend: Sphaerotilus natans mit Cladophora glomerata, Ulothrix zonata und einzelnen Stigeocloniumfäden, Closterium acerosum und sehr viel Nitzschia acicularis, von Rädertieren Salpina mucronata, Nematoden, Alona sp., und junge Larven von Chironomus motilator.

Probe 37. Ebenda, Schlamm vom Flussgrunde, sehr dick und schleimig, stark stinkend, nicht absiebbar! In demselben fand sich eine lebende Anodonta. Bei der mikroskopischen Untersuchung wurde faulender Sphaerotilus konstatiert und viele abgestorbene Diatomaceen, auch safranartig gefärbte Partikelchen, Schollen.

Probe 38. Ebenda, Strommitte, wo das Abwasser der Fabrik Mainkur mündet. Plankton: Sphaerotilus, Oscillatoria limosa, Cryptomonas, Eudorina, Dinobryon, Closterium acerosum und moniliferum, Diatomaceen wie früher, Arcella, Brachionus pala und Anuraea cochlearis.

Begutachtung der Proben 35 bis 38.

Zur Zeit war ein schädlicher Einfluss der Abwässer der Fabrik Mainkur auf den Main nicht zu konstatieren, zumal das Abwasser ziemlich in der Mitte des Stromes ausmündet. Die Möglichkeit ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass die sauren Fabrikabwässer, wie die der Anilinfabrik, die im Flusse treibenden Pilze, gleichwie einen Teil des Planktons, zum Sinken bringen, sodass eine schnelle Fäulnis, namentlich von grösseren Pilzmengen, eintritt, wie sie im Schlamm (Probe 37) in hohem Masse konstatiert wurde. Unterhalb der Fabrik Mainkur machte sich schon der Stau bemerkbar, welcher durch das unterhalb befindliche Wehr veranlasst ist; die Strömung wurde eine immer geringere und treibende Pilze wurden immer weniger

Digitized by Google

bemerkt. Ein Niedersinken und Faulen der Pilze auf dem Flussgrunde wird also nicht allein durch die Fabrikabwässer veranlasst, sondern auch durch die nachlassende Strömung verstärkt.

Probe 39. Main am Dorf Bürgel.
Hier wurde mit der Dretsche nur wenig eigentlicher Schlamm gehoben, sondern meist Steine mit daranhaftenden Egeln und ziemlich viel Sphaerotilus, unter diesen Pilzmassen viel Nematoden, auch Cladophora mit Diatomaceen.

Probe 40. Ebenda, Plankton:
Sphaerotilus, sowie viel Oscillatoria limosa und chalybaea, Synura uvella, Cryptomonas erosa, Closterium acerosum, Stentor roeseli nicht selten, Brachionus pala, Anuraea cochlearis und aculeata, Notholca striata, Cyclops-Eier in der Entwickelung und Planktondiatomeen.

Probe 41. Main, Anfang der Stadt Offenbach, Plankton:
Wie in Probe 40, jedoch noch schwärmende Vorticellen, Stylonichia mytilus, Actinurus neptunius, Nematoden und Melosira varians.

Probe 42. Main unterhalb der Mainbrücke, Plankton:
Wie in Probe 40 und 41, mehr Nitzschia acicularis und einzeln Synchaeta pectinata.

Probe 43. Ebenda. Schlamm mit der Dretsche: Derselbe ist bräunlich grau und stinkend, nicht absiebbar! Ohne Vertreter der gröberen Fauna. Bei der mikroskopischen Untersuchung finden sich viele abgestorbene Diatomaceen und typische Fäulnisorganismen wie Paramaecium aurelia, gleichfalls Euglena viridis.

Begutachtung der Proben 39 bis 43.

Bei der durch den Wehrstau bewirkten immer schwächer werdenden Strömung macht sich oberhalb der Stadt Offenbach eine ungünstige Beeinflussung des Mainwassers durch die im Schlamm faulenden Pilze bemerkbar. Abgesehen davon, dass der Schlamm stinkend, dick, sehr schleimig und oft ohne tierisches und pflanzliches Leben ist, werden bei der mikroskopischen Untersuchung im freien Wasser auch viele Organismen aufgefunden, welche faulige Schlammgärungen anzeigen.

Probe 44. Sielmündung der Offenbacher Kanalisation:
a) unterhalb an der Ufermauer brauner Besatz: Viel Detritus, festsitzender Sphaerotilus, Euglena viridis, Colpidium colpoda, Lionotus fasciola,
b) Mauerbelag gleich oberhalb: Filze von Oscillatorien (O. tenuis u. a.) mit Nematoden und den Organismen wie in a,
c) ebenda, grüne Algenrasen: Stigeoclonium tenue mit Nematoden, auch häufig Fetttropfen,

Digitized by Google

d) ebenda, schwarze Massen: Phormidium uncinatum mit Synedra u. a. Diatomaceen,

e) schwarzer Schlamm aus dem Kanal: Detritus mit Schwefeleisen.

Begutachtung.

Die an der Ausmündung der Offenbacher Sielwässer gefundenen Organismen zeigen die gewöhnlichen derartigen Verunreinigungen an, doch nicht in grossen Mengen. Nur in unmittelbarer Nähe kommen dieselben durch gewisse Pilz- und Algenbildungen zum Ausdruck.

Probe 45. Oberhalb des Offenbacher Nadelwehrs. Schlamm mit der Dretsche: Cladophorabüschel mit anhaftendem Sphaerotilus und jungen Larven von Chironomus plumosus; abgestorbene Diatomaceen und Nematoden.

Plankton: Planktonten wie vorher mit treibenden Sphaerotilusflöckchen, wenig Paramaecium caudatum und Stentor roeseli, Rotifer vulgaris.

Am Nadelwehr selbst wurden keine festsitzenden Pilze bemerkt, weder an der Oberseite der Nadeln, noch an den Steinen gleich unterhalb des Wehrs, diese waren teilweise bewachsen mit Cladophora glomerata. Der neben dem Nadelwehr errichtete Fischsteg war ziemlich belebt mit Fischen. Von aufsteigenden Fischen wurden Plötzen und Barsche bemerkt.

Begutachtung.

Man hätte unmittelbar vor dem Nadelwehr grössere Schlammmengen vermuten sollen, als sie gefunden wurden. Bei der häufigen Oeffnung dieses Wehres, auf längere Zeit auch während des Winters beim Eisgange, werden jedoch die aufgestauten Schlammmengen weiter stromabwärts geführt, sodass hier eine grössere Anhäufung derselben, wie sie bei festen Wehren sich bildet, nicht konstatiert werden konnte. Dass auf den Hölzern des Nadelwehrs keine festsitzenden Pilze bemerkt werden konnten, ist ein Beweis dafür, dass die Bildung der treibenden Pilze viel weiter oberhalb stattgefunden haben musste.

Da die Befahrung und Untersuchung des Mains weder oberhalb noch unterhalb der Stadt Hanau ein Ergebnis über die Herkunft der starken Verschmutzung mit organischer Substanz und die dadurch bewirkte Pilzbildung gebracht hatte, wurde am 18. Mai v. J. der Main oberhalb der Stadt Aschaffenburg und von hier aus seinem Laufe folgend einer weiteren Exploration unterworfen.

Probe 46. Main am Schloss Aschaffenburg. Dretsche: Nur Steine mit einzelnen kleinen grünen Algenbüscheln, welche an kleinen Kiesstück-

Digitized by Google

chen festgewachsen waren uud aus Cladophora glomerata bestanden. Alle Steine waren schleimig glatt, dieser Ueberzug bestand aus Lyngbya subtilis W. West mit Phormidium spec. (etwas breiter als Ph. papyraceum), Ulothrix zonata und Fragmenten von Chantransia chalybaea. Von Diatomaceen waren meist Gomphonemen vorhanden und zwar die Arten Gomph. parvulum, intricatum und angustatum var. producta, ferner Amphora ovalis var. pediculus, Rhoicosphenia curvata, Navicula cryptocephala und var. exilis, Nitzschia acicularis, tenuis und palea, Cocconeis pediculus, Encyonema ventricosum forma minuta, Cymbella lanceolata, Achnanthes exilis, Amphora ovalis forma exilis, Melosira varians u. a.

Probe 47. Plankton, ebenda:

Kein Sphaerotilus natans, Oscillatoria limosa, Lyngbya subtilis, Eudorina elegans, Pandorina morum, Cryptomonas erosa, Dinobryon cylindricum var. divergens, vereinzelt Euglena viridis, Scenedesmus quadricauda, Rhaphidium polymorphum, Dactylococcopsis rhaphidioides, Chlamydomonas monadina und ehrenbergi, Closterium moniliferum, Ulothrix zonata, Fragmente von Chantransia chalybaea. Von Diatomaceen: Fragilaria capucina, Nitzschia sigmoidea, vermicularis, vitrea, linearis var. tenuis, Cymatopleura solea var. apiculata, Navicula cryptocephala, Synedra ulna u. a. An Zooplankton: Centropyxis aculeata, Acineta grandis, Salpina mucronata, Brachionus amphiceros, Notholca labis, Dinocharis tetractis, Anuraea tecta, Nais sp., Nauplius und junge Larven von Chironomus motilator; vereinzelt fanden sich auch Textilfasern.

Treibende Pilze konnten im Main bei Aschaffenburg nirgendwo bemerkt werden. Von festsitzenden untergetaucht wachsenden Wasserpflanzen fand sich auch hier Ranunculus fluitans.

Probe 48. Unterhalb der Aschaffenburger Sielmündung. Dretsche: Nur Steine und Kies. Besatz auf den Steinen wie Probe 46. Sphaerotilus liess sich in diesem Besatz nachweisen, doch nur auf mikroskopischem Wege.

Probe 49. Ebenda, Plankton:

Dieselben Organismen wie in Probe 47, jedoch unter diesen wenig Sphaerotilus; ferner noch Stentor polymorphus und ganz vereinzelt Carchesium lachmanni.

Begutachtung der Proben 46 bis 49.

Die Abwässer der Stadt Aschaffenburg verunreinigen den Main wohl etwas, doch in nur ganz geringem Grade.

Main unterhalb des Zuflusses der Aschaff, welche die Abwässer der Weisspapierfabrik Aschaffenburg mit sich führen soll.

Rechtes Ufer:

Probe 50. Dretsche: Nur Steine mit schleimigem Besatz, der dieselben Orga-

Digitized by Google

nismen enthält wie Probe 46, ausserdem wurden aber mit blossem Auge ziemlich dicke schleimige Flocken bemerkt mit weissen Spitzen, welche sich als aus Sphaerotilus natans bestehend ergaben. Zwischen den Steinen hielten sich viele Egel auf (Nephelis vulgaris), welche an denselben ihre Cocons abgesetzt hatten, vorzugsweise an der Unterseite.

Probe 51. Ebenda, Plankton:

Dieselben Organismen wie in Probe 47, jedoch fand sich in Probe 51 Sphaerotilus vor, ferner noch Synura uvella und Stentor polymorphus, auch in geringen Mengen Closterium acerosum, Navicula amphisbaena und Stephanodiscus hantzschi mit var. pusillus.

Eine am Ufer gleich unterhalb des Zuflusses der Aschaff mit dem Schlammheber entnommene Probe war nicht stinkend, im Uferschlamm fanden sich Larven von Eintagsfliegen.

Unterhalb der Aschaff wurden im Flusse Pilzflocken treibend an keiner Stelle bemerkt.

Begutachtung der Proben 50 und 51.

Die Aschaff bringt Zuflüsse in den Main, welche denselben schwach verunreinigen und auch zu einer geringen an den Steinen des Grundes festsitzenden, schon mit blossen Augen bemerkbaren Pilzbildung Veranlassung geben. Zu einer Pilzkalamität, wie sie im unteren Laufe des Mains besteht, können die mit der Aschaff eingeführten Abwässer jedoch keine Veranlassung geben.

Main unterhalb Stockstadt und unterhalb der Brücke: Hier trieb der Fluss stark mit Pilzen.

Probe 52. Plankton:

Ausser den in Probe 47 konstatierten Organismen fanden sich noch vor: Euglena viridis ziemlich häufig, Nitzschia acicularis, Rotifer vulgaris und junge Larven von Chironomus motilator, auch vereinzelt Cellulosefasern, von Protozoen noch Coleps hirtus und Stentor polymorphus.

Probe 53. Ebenda. Dretsche: Nur Steine, welche mit dicken Fladen von Cladophora glomerata besetzt waren, schleimige Massen enthielten, in welchen viele Insektenlarven lebten, besonders solche von Chironomiden, ferner auch von Ephemeriden und von Phryganeen. Die schleimigen Massen erwiesen sich als aus Sphaerotilus natans bestehend. Ein Abfluss der Cellulosefabrik Stockstadt konnte oberhalb der Stelle, wo die Pilzbildung ihren Anfang nahm, nicht bemerkt werden; nach Angaben soll derselbe direkt in den Fluss münden.

Mehrere hundert Meter unterhalb der Fabrik Stockstadt wurde aber ein Abfluss aufgefunden, welcher ca. 50 m vom Ufer entfernt einen Revisionsschacht passierte und einen deutlichen Geruch nach schwefliger Säure hatte.

Probe 54. Unterhalb dieses Einflusses, Plankton:
Hauptsächlich aus Cellulosefasern bestehend, auch viele getüpfelte Zellen, die typisch sind für Coniferenholz.

Probe 55. Breiige Masse, aus dem stark trüben Wasser des Revisionsschachtes mit dem Planktonnetze gefischt: Ausschliesslich Cellulosefasern.

Probe 56. Wasser aus dem Revisionsschachte:
Geruch nach schwefliger Säure.
Reaktion sauer.
Resultat der chemischen Untersuchung vergl. Tabelle.

Begutachtung der Proben 52 bis 56.

Die Cellulosefabrik Stockstadt entlässt in den Main Abwässer, welche ungenügend geklärt sind und zeitweise so viel schädliche Stoffe enthalten, dass der Fluss vorübergehend auf weite Strecken geschädigt werden muss. Allein der Gehalt des den Revisionsschacht passierenden Abwassers an freier schwefliger Säure (186 mg im Liter) ist ein so hoher, dass selbst nach Verdünnung mit Flusswasser in der Nähe des Ausflusses Fische zu Grunde gehen müssen; schon ein Gehalt von 1 mg im Liter ist tödlich für Schleien und Forellen. Der Verbrauch von 4108 mg Kaliumpermanganat im Liter und der Rückstand von 2230 mg ist ein in Abwässern nur selten so hoch vorkommender. Kommen ausserdem noch weitere bei der Befahrung des Mains unkontrollierbare Abwässer aus der Fabrik in den Fluss, so ist es evident, dass allein die Verunreinigung mit organischer Substanz sich auf so weite Strecken — wie konstatiert bis vor Frankfurt — bemerkbar machen muss.

Probe 57. Main 350—400 m unterhalb der Fabrik, Plankton:
Vorwiegend Cellulosefasern und Sphaerotilus.
Der Main trieb stark mit frisch gebildeten weissen Pilzflocken.

Probe 58. 1 km unterhalb, Plankton:
Sehr viel frisch gebildeter Sphaerotilus, weniger Cellulosefasern, neben den erwähnten Mainplanktonten noch Stentor coeruleus und Oscillatoria limosa.

Probe 59. Ebenda, Dretsche: Nicht stinkender Schlamm mit Sphaerotilus und Nematoden, sowie einzelnen schwärmenden Vorticellen, auch Oscillatoria limosa.
Höhere Wasserpflanzen wurden nicht bemerkt.

Probe 60. Ebenda. Steine am Ufer, mit der Hand untersucht:
Fast sämtliche Steine waren dicht mit langen Pilzflocken besetzt, welche auf diesen festgewachsen, also nicht angetrieben waren. Die auf den Steinen befindlichen Biocoenosen bestanden neben Sphaerotilus aus: Cladophora glomerata, Gammarus fluviatilis, Phryganeen-Larven

Digitized by Google

und solche von Cloë diptera, Nematoden, Nephelis vulgaris, Euplotes patella und Diatomaceen, namentlich Synedra ulna und radians.

Auch am Grund befanden sich nur Steine, kein Schlamm und kein Kies: alle Steine des Grundes waren bewachsen mit Sphaerotilus und Cladophora.

Begutachtung der Proben 57 bis 60.

Die Resultate der biologischen wie der mikroskopischen Untersuchung beweisen aufs deutlichste, dass in dieser Zeit eine starke Verschmutzung des Mains durch die Abwässer der Cellulosefabrik stattgefunden hat. Der treibende, noch weisse, frisch gebildete Sphaerotilus, sowie der festgewachsene sind charakteristisch für eine eben stattgehabte Verunreinigung.

Probe 61. Floss vor Seligenstadt, unterhalb des Flosses mit dem Pfahlkratzer entnommen: Zumeist die Grünalgen Ulothrix zonata, und Sphaerotilus und noch viel Cellulosefasern.

Probe 62. Oberhalb des Zuflusses der Kahl.

Plankton: Sehr viel Sphaerotilus, auch noch reichlich Cellulosefasern, sonst die üblichen Planktonten, auch noch Rotifer vulgaris und Nais sp.

Begutachtung der Proben 61 und 62.

Die Verschmutzung des Mains macht sich allein schon durch die vielen Cellulosefasern noch bis zum Einflusse der Kahl bemerkbar, abgesehen von den Unmassen im Flusse treibenden Pilzen.

Probe 63. Die Kahl, welche die Abwässer der Cellulosefabrik Alzenau aufnehmen soll. Plankton: Meist mineralischer Detritus (viel Lehm, vom Berghang kommend), sonst nur Cryptomonas erosa, Synedra ulna und delicatissima. Kein Sphaerotilus und keine Cellulosefasern.

Probe 64. Ebenda. Besatz an Steinen: Mineralischer Detritus, Ulothrix zonata, kein Sphaerotilus.

Probe 65. Ebenda. Dretsche: Schlamm stinkend, viel mineralischer Detritus, sich zersetzender Sphaerotilus.

Begutachtung der Proben 63 bis 65.

Die Abwässer der Cellulosefabrik Alzenau machen sich in der Kahl vor Einfluss in den Main nicht mehr bemerkbar. Es wurden im Plankton weder Cellulosefasern noch Sphaerotilus konstatiert. Die im Schlamm befindlichen faulenden Pilzmassen scheinen aus dem stark mit Pilzen treibenden Main eingeschwemmt zu sein. Die starke Lehmtrübung der Kahl ist durch die starken Regengüsse der vorausgegangenen Tage bewirkt.

Digitized by Google

Gesamtbeurteilung der untersuchten Mainstrecken nach den biologischen Befunden.

Im ganzen Laufe des Mains, auf den Strecken von oberhalb Aschaffenburg an bis unterhalb des Nadelwehrs nach Frankfurt zu, hatte zur Zeit der Befahrung durch unseren Sachverständigen keine wesentlich in Betracht kommende Verunreinigung statt mit Ausnahme der aus der Cellulosefabrik Stockstadt in den Main gelangenden Abwässer. Diese führen ausser grossen Mengen von schwefliger Säure, welche aber im weiteren Verlaufe des Flusses durch Oxydation im Flusse wieder unschädlich gemacht wird, Unmengen von gelöster organischer Substanz mit sich. Nach verschiedenen Angaben in der Literatur gelangen mit jeder Kocherfüllung, die etwa 60 cbm beträgt, mindestens 5400 kg organischer Substanz zum Abfluss. Dieselbe wird nun im Flusse sehr schnell in Pilzsubstanz umgewandelt, im betreffenden Falle zunächst vorwiegend in Sphaerotilus natans, welcher mit der Strömung des Mains fortgeführt wird, sich aber in stets neuen Massen zu bilden scheint. Wenigstens war dies der Fall bei der viertägigen Anwesenheit unseres Sachverständigen. Nach ihm gemachten Angaben soll sogar die Masse der an der Stadt Hanau vorbeitreibenden Pilze häufig eine viel grössere gewesen sein, zu Zeiten dagegen auch wieder eine geringere. Dank der bekannten starken Strömung und der grossen Wasserführung des Mains kommt es nur an wenigen Stellen zu stationären Verschlammungen und Fäulnisherden, indem nur unterhalb der Flussbiegungen, wie beispielsweise bei Gross-Steinheim (Probe 9), sowie unterhalb der in dem Fluss vorgebauten Buhnen, ferner dort, wo überhaupt Stauungen stattfinden, Pilze zum Sedimentieren gelangen. Diese gehen dann schnell in Fäulnis über, oft in so starkem Masse, dass die gröbere Fauna in dem Schlamm nicht mehr ihre Lebensbedingungen finden kann. Zu grösseren Kalamitäten führen indes diese Fäulnisprozesse nicht, da ja ununterbrochen frisches Wasser über die faulenden Schlammmassen hinwegströmt. Daher kam es, dass im Flusswasser bemerkenswerte Schwefelwasserstoffbildung nicht statthatte; es wurden auch an keiner Stelle des langen untersuchten Mainlaufes makroskopisch Schwefelpilze, wie Beggiatoen u. a. konstatiert. Was in langsam strömenden Flüssen, wie beispielsweise in der Spree, die Pilzvertilger, namentlich solche unter den Wasserschnecken, vollbringen, das bewirkt der Main durch seine ununterbrochen schnelle Strömung; er schafft schnell die Pilze fort, die schliesslich in dem noch stärker strömenden Rhein verschwinden.

Digitized by Google

Die in der Spree und anderen langsam strömenden Flüssen so sehr häufigen Schlammschnecken, die Paludinen, wurden im Main von unserem Sachverständigen in keinem einzigen Exemplar gefunden[1], auch pilzfressende Wasserasseln nur ganz vereinzelt, dagegen häufiger der gleichfalls von Pilzen sich nährende aber sauerstoffreicherem Wasser angepasste Flohkrebs (Gammarus fluviatilis).

Die durch das Abwasser der Stockstadter Cellulosefabrik bewirkte starke Pilzbildung ruft nach den vorstehenden Ausführungen in sanitärer Beziehung nur geringe Bedenken hervor. Unter der Pilzkalamität haben nach Angabe hauptsächlich die Fischer zu leiden, indem ihre Netze sich fast andauernd durch die Pilzflocken verstopfen. Kommt es während des Winters zu einer längere Zeit anhaltenden Eisbildung, so können freilich bei Sauerstoffabschluss und Pilzreichtum des Wassers Fischsterben eintreten, welche namentlich — nach Berichten der Hanauer Fischer — unter den im Winter dicht zusammenlagernden Barben verheerend wirken. Ferner werden durch die Pilzmassen die Wäschereien zu leiden haben, sowie alle Betriebe, welche das Wasser ohne Filtration dem Flusse entnehmen.

Eine auffallende Beeinflussung des Mainwassers durch die Abwässer der an dem Flusse liegenden Ortschaften, selbst der grösseren Städte wie Aschaffenburg, Hanau und Offenbach, machte sich biologisch nicht bemerkbar, und unter den letztgenannten drei Städten machten sich die Hanauer Abwässer am wenigsten geltend. Die Beeinflussung des Vorfluters durch das Hanauer Sielwasser erwies sich als eine nur ganz geringe (vergl. Begutachtung der Proben 25—30). Auch im Hanauer Mainkanal war nur eine ganz geringe Verschmutzung zu konstatieren, trotzdem derselbe zeitweise alle städtischen Sielwässer aufnimmt und seit 2 Jahren nicht ausgebaggert war.

Ferner wurde eine auf weitere Strecken bemerkbare Verunreinigung durch die chemischen Fabriken, welche, wie z. B. die Anilinfarbenfabrik Mühlheim (Probe 33), viel schädliche Abwässer in den Main ablassen, wenigstens zur Zeit der Befahrung nicht konstatiert, ein weiterer Umstand, der für die grosse Aufnahmefähigkeit des Mains für Abwässer spricht.

Berlin, den 9. Januar 1904.

1) Leydig (Horae zoologicae. 1893. S. 74) hat in früheren Jahren Paludina vivipara im unteren Mainlaufe bei Hanau im schlammigen Gewässer gefunden.

Digitized by Google

Anlage zu dem Bericht von Professor Dr. Marsson.

Ergebnis der Untersuchung

der bei der biologischen Mainuntersuchung am 15., 16. und 18. Mai entnommenen chemischen Wasserproben.

	No. 8	No. 17	No. 19	No. 29	No. 33	No. 56
Farbe	schwach gelblich	schwach gelblich	schwach gelblich	schwach gelblich	rotbraun	schwach gelblich
Klarheit . . .	klar	klar	klar	klar	opaleszier.	trüb
Durchsichtigkeit	über 20 cm	über 20 cm	über 20 cm	über 20 cm	—	3.3 cm
Bodensatz . .	wenige rötl. Flock.	wie 8	wie 8	wie 8	braun mässig	grau-weiss beträchtl.
Geruch . . .	0	0	0	0	aromatisch	schweflige Säure
Reaktion . . .	schwach alkalisch	wie 8	wie 8	wie 8	sauer	sauer
Ammoniak . .	Spuren	wie 8	wie 8	wie 8	—	—
Salpetrige Säure	0	0	0	0	Spuren	0
Salpetersäure .	0	0	0	0	0	0
Chlor	16	16	16	16	89	—
Organ. Stickstoff	—	—			15,7	7,3
Verbrauch an Kaliumpermang.	31	33	30	36	606	4108
H_2S	0	0	0	0	0	0
Gesamtrückstand					1410	2230
Glührückstand .					770	850
Schweflige Säure (frei)						186

Hanau, den 10. Juni 1903.

Oeffentliches chemisches Laboratorium
Dr. Alfred Rau.

Digitized by Google

3.

Chemisch-biologische Untersuchungen über die Verwendung der Rieselwiesen zur Reinigung des Talsperrenwassers für Genusszwecke.

Berichterstatter:
Prof. Dr. **Kolkwitz** und Dr. **H. Thiesing**.
Wissenschaftliche Mitglieder der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Das Projekt für die Reinigung des aus der Talsperre am Hasperbach zu Genusszwecken zu entnehmenden Wassers gab dem Herrn Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten Anlass, von der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung eine gutachtliche Aeusserung darüber zu erfordern, welche Anforderungen bei Verwendung des Talsperrenwassers zur Trinkwasserversorgung vom hygienischen Standpunkte zu stellen sind.

Aus den vorgelegten Unterlagen ergab sich Folgendes: Die Stadt Haspe baut am Hasperbach — einige 100 m östlich des Wirtshauses „zum Plessen" — eine Talsperre, welche in erster Linie der bislang von dem Wasserwerk der Stadt Hagen versorgten Stadt Haspe die Beschaffung des nötigen Trinkwassers ermöglichen soll[1].

Nach dem von Geh. Regierungsrat Prof. Dr. ing. Intze in Aachen stammenden Bauprojekt vom November 1898 war in Aussicht genommen, den oberhalb der Sperre gelegenen und der Stadt Haspe gehörigen Hammerteich nach entsprechender Aenderung und Einrichtung als Vorteich und Klärbecken für die Zuflüsse nach dem Haupt-

1) Der Bau der Hasper Talsperre ist jetzt beendet. Das Gutachten wurde am 6. Mai 1903 erstattet, schildert also Verhältnisse, welche sich auf den Zustand vor etwa $1^1/_2$ Jahren beziehen. Inzwischen sind verschiedene Aenderungen und Verbesserungen an den damals untersuchten Wiesen in Ronsdorf und Solingen vorgenommen worden.

Digitized by Google

becken zu benutzen, um auf diese Weise zeitweilige Trübungen des Zulaufwassers zu beseitigen. Das zu Trinkzwecken zu benutzende Wasser sollte aus dieser Vorfilteranlage direkt und ohne den Stauweiher zu passieren in das Rohrnetz der Stadt geleitet werden. Für den Fall, dass die so gewonnenen Wassermengen nicht ausreichten, sollte der fehlende Rest aus dem Vorrat des Stauweihers entnommen und zuvor unterhalb der Sperrmauer durch Aufleiten auf eine Rieselwiese gereinigt werden.

Diese Art der Reinigung des Trinkwassers wurde von der zuständigen Aufsichtsbehörde als ungenügend angesehen und der Stadt Haspe wurde aufgegeben, oberhalb der Talsperre noch ein Reservefilter und unterhalb der Sperrmauer eine Sandfilteranlage einzurichten, durch welche das dem Stauweiher zu Trinkzwecken entnommene Wasser gereinigt werden sollte. Der letzteren Forderung, welche deshalb gestellt wurde, weil nach Erachten der Behörde mit der Reinigung von Talsperrenwasser zu Genusszwecken durch Rieselwiesen allein noch nicht hinreichend gute Erfahrungen gemacht wären, wurde vom Projektverfasser widersprochen mit dem Hinweis darauf, dass in Ronsdorf und Solingen mit derartigen Rieselwiesen eine vollkommen ausreichende Reinigung erzielt würde. Er beantragte sogar, nachdem gerade aus Solingen günstige Erfahrungen mit Rieselwiesen vorlagen, die Vorfilteranlage ganz weg zu lassen, das gesamte Trinkwasser aus dem Stauweiher zu nehmen und es allein durch die im Entwurf vom November 1898 vorgesehene Riesel- und Drainageanlage zu reinigen.

Eine von der Kgl. Regierung in Arnsberg bei der Kgl. Regierung in Düsseldorf eingeholte Erkundigung über die im dortigen Bezirke mit Rieselwiesen gemachten Erfahrungen liess erkennen, dass völlige Klarheit über die Leistungsfähigkeit der Rieselwiesen noch nicht herrsche. Aus den bislang dort gemachten Beobachtungen ergab sich also nicht mit Sicherheit, dass die Reinigung durch Rieselung in jedem Falle ausreichend ist; anderseits war aber durch sie auch keine Handhabe geboten, die in Anlage und Betrieb gegenüber Sandfilteranlagen erheblich billigere Einrichtung von Rieselwiesen zu verwerfen, zumal wenn die Möglichkeit vorgesehen wurde, sie im Bedarfsfalle durch eine Sandfilteranlage zu ersetzen.

In Anbetracht dieser Unsicherheit in der Beurteilung der für ein Talsperrenwasser zulässigen Reinigungseinrichtungen war mit Rücksicht auf die grosse allgemeine Bedeutung die Frage zu entscheiden,

Digitized by Google

welche Anforderungen an die Kläranlagen für Talsperrenwasser zu stellen sind.

In Erledigung des von dem Herrn Minister erteilten Auftrages hat die Anstalt, da die Angaben der Literatur zur endgiltigen Beantwortung der Frage nicht ausreichten, ihre Mitglieder Prof. Dr. Kolkwitz und Dr. Thiesing nach Solingen, Ronsdorf, Remscheid und Haspe entsandt, um Einsicht in die örtlichen Verhältnisse zu nehmen und durch Anstellung von Versuchen, bezw. durch Entnahme von Proben einwandfreies Material zur Beurteilung der Angelegenheit zu beschaffen. Diese Besichtigungen fanden unter Beteiligung von Vertretern der örtlichen staatlichen und kommunalen Behörden und unter Zuziehung des Geh. Reg.-Rats Prof. Dr. ing. Intze in der Zeit vom 30. Januar bis 4. Februar 1903 statt.

Zur Beurteilung der Angelegenheit wurden sowohl Proben des Wassers als auch des Bodens der betreffenden Rieselwiesen zur chemischen, bakteriologischen und biologischen Untersuchung entnommen.

An Wasserproben wurden in Ronsdorf am 30. Januar 1903 bei einer Lufttemperatur von 5,5° C. entnommen

- 1 Probe aus dem Stauweiher (No. 74),
- 1 Probe aus dem Springbrunnen vor der Sperrmauer, welcher soweit gedrosselt wurde, dass seine Springhöhe nur noch 10 cm betrug (No. 75),
- 1 Probe vor der Rieselwiese am Auslauf des Springbrunnenbassins (No. 76) und
- 1 Probe aus dem aus den Drainröhren gespeisten Sammelbrunnen hinter der Rieselwiese (No. 77).

Gleichzeitig wurden in der Rieselwiese, nachdem die Zuflussschieber zu derselben abgestellt waren, 3 entsprechend grosse Löcher gegraben und dabei in dem am weitesten westlich liegenden folgendes Bodenprofil festgestellt: Oben liegt eine etwa 60 cm starke humushaltige Schicht, welche aus dem beim Roden des Stauweihers gewonnenen Boden besteht und beim Bau der Rieselwiese künstlich aufgetragen wurde. Aus dieser Schicht stammt die Bodenprobe No. 56. Darunter liegt eine ebenfalls aufgetragene, 15 cm dicke, von Steinchen stark durchsetzte, gelbe, lehmige Schicht, von welcher die Probe No. 57 entnommen wurde, und unter dieser wieder eine 25 cm dicke humose Schicht wie oben. Dann folgt eine ca. 5 cm starke eisenschüssige

Schicht und darauf eine tonhaltige von hellblauer Farbe, stark vermischt mit Gerölle und allmählich in den Felsen übergehend. Aus der dem Felsen unmittelbar aufgelagerten Schicht wurde eine weitere Probe (No. 58) genommen.

Das östlich gelegene Loch, welches ca. 80 m von der Sperrmauer entfernt lag, zeigte folgendes Profil: Die oberste Schicht bestand in einer Stärke von ca. 30 cm aus humushaltigem Boden, dann hatte der Boden auf 12 cm tonigen Charakter und blaue Farbe; darunter lag wieder etwa 60 cm humushaltiger und darunter lehmiger Boden. Die schmale tonhaltige Schicht, aus welcher die Probe No. 59 genommen wurde, ist ebenso wie die darüber und darunter liegende Humusschicht aufgetragener Boden und stammt aus dem Stauweiher. Das Wasser stand auf ca. 135 cm an.

Das dritte, in der Mitte befindliche Loch zeigte bis auf 90 cm unter der Oberfläche, wo schon das Wasser stand, nur Boden von lehmigem Charakter, von welchem die Probe No. 82 genommen wurde.

Aus diesen Profilen ergibt sich, dass die Ronsdorfer Rieselwiese in ihren unteren Schichten aus schwer durchlässigen lehm- und tonhaltigen Bodenschichten, in den oberen aus humosem aufgeschütteten Boden mit nesterweise eingesprengtem Ton oder Lehm besteht. Sie kann danach, da auch die Grasnarbe wenig gleichmässig war, als besonders geeignet zur Erzielung eines günstigen Reinigungseffektes nicht angesehen werden. Ausserdem ist sie sehr schmal und infolgedessen die Aufbringung und Ausbreitung des Wassers auf ihr nicht so zweckmässig einzurichten, wie bei einer breiteren Wiese.

Am folgenden Tage wurden in Remscheid an Wasserproben entnommen: Vor der Rieselwiese im Klärbecken, vor der Mündung des Einlaufrohres des Wassers aus dem Tentebach in das Becken, Probe No. 80; aus dem hinter der Rieselwiese liegenden Sammelbrunnen, der durch das aus den Drainröhren abfliessende Wasser gespeist wird, Probe No 81. Die Temperatur der Luft betrug in beiden Fällen 3,5° C.

In der Wiese wurden 2 Löcher gegraben, von denen das nach dem Klärbecken, d. h. nach NNO zu gelegene, nachstehendes Profil aufwies. Zu oberst lag eine etwa 22 cm starke humose Schicht (Probe No. 69), darunter eine lehmige Schicht von ca. 95 cm Stärke (Probe No. 70), darunter 30 cm blauer Ton mit Eisen (Probe

Digitized by Google

No. 72) und darunter Geröll und Felsen. Das Wasser stand ca. 150 cm unter der Oberfläche an. Die Temperatur im Boden betrug 3,5° C.

Das Loch nach dem Brunnen, also nach SSW zu, wies oben eine ca. 20 cm starke humushaltige Schicht, darunter 60 cm gelben Lehm und darunter lehmigen Boden von grauer Farbe (Probe No. 71), sowie blauen Ton, Gerölle und Felsen wie bei dem andern Loch auf.

Aus dem Tentebach wird seit Einrichtung der Rieselwiese Trinkwasser nicht entnommen; doch soll er — was neuerdings zeitweise auch geschehen — im Bedarfsfalle zur Trinkwasserversorgung mit herangezogen werden, aber sein Wasser soll, nachdem es die Rieselwiese passiert hat, auch noch über Sandfilter gehen.

Am 2. Februar wurden die Wiesen im Senkbach-, Ellinghäuser- und Bruchermühlenbachtal der Solinger Talsperre begangen[1]. An Wasserproben wurden entnommen: eine Probe vor der Rieselwiese aus dem Zulaufgraben zur Wiese im Ellinghäusertal (Probe No. 78) und eine aus dem durch die Drains gespeisten Brunnen hinter der Rieselwiese (Probe No. 79).

Bodenproben wurden nicht entnommen, weil infolge anhaltenden Regens an den vorhergehenden Tagen das Wasser auf der Wiese anstand; auch Profilausschachtungen mussten aus diesem Grunde unterlassen werden. Nach Angabe des Wasserwerkdirektors Klose bestehen die dortigen Wiesen aus einer einschliesslich Grasnarbe 15 bis 20 cm starken Humusschicht, unter welcher 50—100 cm gelber Lehm liegen; diesem ist blauer Ton auf Gerölle und Felsen untergelagert. Die Wiesen sind so eingerichtet, dass sie ausgeschaltet und intermittierend betrieben werden können; sie funktionieren angeblich sehr gut.

Am 4. Februar 1903 wurden auf dem Gelände der für die Talsperre am Hasperbach projektierten Rieselwiese Bodenproben genommen und zu diesem Zwecke 2 Löcher gegraben, welche mit guter Uebereinstimmung folgendes Profil ergaben:

Etwa 20—30 cm humushaltiger Boden (Probe No. 86), darunter ca. 30 cm etwas hellerer sandiger Boden (Probe No. 88), unter diesem ca. 30—40 cm lehmiger Boden von gelber Farbe

1) Hier sind nicht die neuerbauten Wiesen unterhalb der jetzt fertigen grossen Talsperre gemeint, sondern die Wiesen oberhalb des Vorbeckens.

Digitized by Google

(Probe No 85) und darunter bis zu einer Gesamttiefe von ca. 125 bis 135 cm blauer toniger Boden in Gerölle (Probe No. 87).

Aus den chemischen Untersuchungen der Wasserproben (vergl. die Tabelle Anl. 1) ergibt sich, dass es sich in allen Fällen um ein chemisch besonders reines Wasser handelt. Der Abdampfrückstand ist, wie gewöhnlich bei derartigen, fast nur aus Niederschlägen bestehenden Wässern, sehr gering. Auch die Härte ist eine niedrige; der Verbrauch von Permanganat ist so, wie er in reinen und guten Wässern vorzukommen pflegt.

In Remscheid und Solingen liessen sich Einflüsse der Rieselwiese auf die chemische Beschaffenheit des Wassers überhaupt nicht nachweisen; die minimalen Differenzen, welche die Tabelle zeigt, liegen innerhalb der Fehlergrenzen.

Für Ronsdorf gilt im wesentlichen dasselbe, doch macht sich hier ein erheblicher Unterschied in der Temperatur geltend insofern, als das Wasser im Springbrunnen und nach dem Passieren der Rieselwiese ca. 3° wärmer geworden ist. Interessant ist das Vorkommen von salpetriger bezw. Salpetersäure in dem aus dem Springbrunnen bezw. dem von der Rieselwiese kommenden Wasser. Eine bestimmte Erklärung hierfür vermögen wir vorläufig nicht zu geben. Nicht unmöglich erscheint es uns, dass ein Teil der salpetrigen Säure aus der zur Zeit der Probeentnahme regenschweren Luft stammte, mit welcher das Wasser in intensive Berührung kam, und dass die salpetrige Säure dann in der Rieselwiese zu Salpetersäure oxydiert worden ist.

Worauf die beim Passieren der Anlage eintretenden (unregelmässigen) Temperaturschwankungen des Wassers in Ronsdorf zurückzuführen sind, kann mit Sicherheit nicht gesagt werden: doch ist nach den zu andern Zeiten von unseren Sachverständigen gemachten Beobachtungen nicht zu befürchten, dass diese Schwankungen so gross werden, dass sie die Schmackhaftigkeit des Wassers beeinflussen.

Was die Ergebnisse der bakteriologischen und biologischen Prüfung angeht, so ist über die Ronsdorfer Wiese folgendes zu sagen:

Es handelt sich hier um eine gewöhnliche, süsse Wiese, welche mit Gräsern, Sauerampfer, Hahnenfuss, Gundermann, Wegerich, etwas Moos und anderen Pflanzen mehr in zusammenhängender Schicht bewachsen ist. Von tiefwurzelnden Pflanzen findet sich vor allem die Pestwurz (Petasites officinalis), welche durch Köpfen auszurotten versucht wird.

Digitized by Google

Die nähere Untersuchung der mitgenommenen Grasnarben ergab, dass eine Schlammschicht, wie man sie auf Sandfiltern findet, nicht vorhanden war. Die Proben unterschieden sich in nichts von der Vegetationsdecke gewöhnlicher Wiesen.

Das Talsperrenwasser, welches auf die Rieselwiese auftritt, besitzt nach Probenahmen an 2 verschiedenen Tagen 300—500 Keime pro ccm und pro cbm mindestens 10000 Individuen des in der Talsperre als Plankton vorkommenden Rädertiers Polyarthra.

Das gerieselte, in den Brunnen einmündende, dem Sammeldrain entströmende Wasser zeigt ca. 1000 Keime pro ccm; ferner sind darin enthalten Nematodenwürmer und pro cbm ca. 1 ccm Detritus (im feuchten Zustand) und 500 Individuen von Polyarthra (Länge ca. 0,15 mm).

Erläuternd mag zu diesen Ergebnissen noch folgendes bemerkt werden: Aeusserer Umstände halber war es nicht möglich, die bakteriologischen Kulturplatten bei unseren Untersuchungen der Rieselwiesen nach Vorschrift 48 Stunden bei 22° C. stehen zu lassen. Die Befunde lassen also keine unmittelbaren Vergleiche mit bereits früher angestellten Untersuchungen zu, wohl aber Vergleiche zwischen dem auf die Wiese auffliessenden und dem aus dem Sammeldrain abfliessenden Wasser — und das ist in diesem Falle wesentlich.

Wir sehen nämlich, dass das filtrierte Wasser keimreicher ist als das unfiltrierte, ein Umstand, der schwer verständlich wäre, wenn nicht gleichzeitig Nematodenwürmer im Reinwasser gefunden worden wären. Diese im Sperrenwasser fast völlig fehlenden Würmer sind offenbar aus dem Wiesenboden ausgespült worden, ähnlich wie es bei Sandfiltern auch vorkommt. Die im Brunnen ermittelten Bakterien sind also mit Wahrscheinlichkeit gleichfalls aus dem Wiesenboden, wenigstens zum grössten Teil, ebenso wie der Detritus, ausgeschwemmt.

Eine abschliessende Beurteilung des bakteriologischen Reinigungseffektes der Ronsdorfer Rieselwiese ist nach diesen Untersuchungen nicht zu geben, und es muss weiteren Prüfungen vorbehalten bleiben, festzustellen, ob die beobachteten Verhältnisse konstant sind, oder ob Aenderungen in der Fähigkeit dieser Wiese, Bakterien zurückzuhalten, eintreten.

Die Zahl der Planktonorganismen ist von mindestens 10000 im cbm Talsperrenwasser auf 500 pro cbm des filtrierten Wassers zurückgegangen, mithin beim Durchgang des Wassers durch die Wiese auf den 20. Teil reduziert worden.

Digitized by Google

An der Remscheider Rieselwiese (Tentebachwiese) wurde folgendes ermittelt: Diese Wiese ist seit $1^1/_2$ Jahren planiert, d. h. stellenweise abgetragen und an anderen Stellen erhöht. Darauf wurde die ganze Wiese mit Gras besäet, welches jetzt 4 mal pro Jahr gemäht wird. Dicke, tiefgehende Wurzeln oder Wurzelstöcke wurden nicht bemerkt. Die Wiese wird nicht mit Talsperrenwasser, sondern mit dem Wasser des Tentebachs gerieselt. Bezüglich der näheren Beschaffenheit der Vegetationsdecke gilt das oben Gesagte.

Das Tentebachwasser enthielt beim Auftritt auf die Rieselwiese 2500—2800 Keime pro ccm, das in den Brunnen abfliessende ca. 600; die Zahl der Keime ist also auf den 4. bis 5. Teil reduziert worden.

Quantitative Planktonfänge wurden auch hier angestellt, führten aber zu keinem so verwertbaren Resultat wie bei Untersuchung der Ronsdorfer Rieselwiese. Der Tentebach ist nämlich ein ziemlich kleines, schnellfliessendes Gewässer und dementsprechend sehr planktonarm, zumal im Winter.

Während quantitative Ermittelungen demnach nicht zu wesentlichen Schlüssen führen konnten, ergab der qualitative Befund wichtige Anhaltspunkte. Im Brunnen fanden sich nämlich einige Krebschenlarven, einzelne grüne lebende Planktonalgen (Eudorina) u. a. m.; dieselben stammen aus dem Tentebach und haben also die filtrierende Bodenschicht passiert.

Was den vorher zitierten Bakterienbefund angeht, so ist hier nicht sicher zu entscheiden, ob in das Brunnenwasser auch aus der Wiese ausgeschwemmte Bakterien hineingelangen; dies ist jedoch nach den Beobachtungen bezüglich der Planktonorganismen wahrscheinlich.

Die Poren des die Drainröhren umgebenden Sandes müssen nach obigen Befunden grob genug sein, um vereinzelte Planktonorganismen passieren zu lassen, oder es müssen sich Spalten in der Sandpackung befinden.

Der Grund für den besseren bakteriologischen Reinigungseffekt der Tentebachwiese gegenüber der Ronsdorfer Wiese ist vielleicht darin zu suchen, dass bei der Aptierung der Tentebachwiese Erfahrungen verwertet sind, welche bei der älteren Ronsdorfer Wiese noch nicht vorlagen. Die Drainröhren liegen bei der Tentebachwiese nämlich tiefer, die Verteilungsrinnen sind zweckmässiger gestaltet, die Planierung ist eine sorgfältigere etc.

Die Beobachtungen an der Solinger Rieselwiese sind ähnlich denen an der Tentebachwiese: Die Keimzahl des auftretenden Bachwassers betrug ca. 1500 pro ccm, die Zahl der Keime im Brunnen ca. 600 pro ccm. Die angestellten planktologischen Ermittelungen ergaben in der Hauptsache ein ähnliches Resultat wie bei der Tentebachwiese.

Die Ergebnisse der mechanischen Analyse der Bodenproben (vergl. Anl. 2 und 3) zeigen bei der Ronsdorfer Rieselwiese, dass es sich mit Ausnahme der obersten Schicht um stark mit Steinchen durchsetzten Boden handelt. Der Gehalt an eigentlich filtrierendem Material, namentlich Feinsand, ist nicht sehr gross, derjenige an Staubsand und Ton dagegen grösser, als man ihn im allgemeinen als geeignet für die Wasserreinigung durch Filtration anzusehen geneigt ist. Auf den ersten Blick erscheint es auffällig, dass ein derartiger, aus feinsten Teilchen bestehender Boden eine solche Wasserdurchlässigkeit besitzt, wie es hier der Fall ist. Doch wenn man in Betracht zieht, dass durch den Kies und namentlich durch die im ganzen Boden mit Ausnahme der obersten Schicht und des blauen Tons ziemlich gleichmässig verbreiteten Steinchen dem Boden ein erheblich lockereres Gefüge gegeben wird, als er ohne dieselben besitzen würde, so wird die Erscheinung dadurch zwanglos erklärt. Die auf diese Weise erhöhte Porosität kann allerdings andererseits auf den Reinheitsgrad insofern nachteilig wirken, als Poren und feine Risse von solchen Dimensionen gebildet werden, dass selbst Planktonorganismen mit durchzuschlüpfen in der Lage sind. Dass dieser Fall in Ronsdorf wirklich eintritt, beweisen die Ergebnisse der dort angestellten Untersuchungen.

Der Boden der Tentebachwiese in Remscheid besteht noch mehr aus feinem Material als derjenige der Ronsdorfer Rieselwiese. Die Steine fehlen hier fast ganz. Dass auch diese Wiese quantitativ sehr leistungsfähig ist, beruht wohl auf ihrer sehr sorgfältigen Drainierung und Aptierung. Die Drains sind von einer Sandschicht umgeben bezw. in diese eingebettet, sodass die filtrierende Wirkung der Wiese durch die Art der Einbettung erhöht wird. Eine Probe von dem Sande wurde nicht genommen, weil unsere Sachverständigen befürchten mussten, durch das Graben an dieser Stelle sowohl die oben liegenden Verteilungsrinnen als auch die Drains in ihrer Lage zu gefährden.

Der Boden der am Hasperbach projektierten Riesel-

Digitized by Google

wiese zeigt eine günstigere Zusammensetzung als derjenige der beiden vorerwähnten. Namentlich die unteren Schichten enthalten teilweise erheblich mehr Feinkies, Grobsand und Feinsand und dafür entsprechend weniger Ton als die oberen, sodass nach diesen Befunden die Bodenbeschaffenheit dieser Wiese als günstiger und für die Reinigung von Wasser geeigneter bezeichnet werden muss als diejenige der Wiesen in Ronsdorf und Remscheid.

Von der Bestimmung des Porenvolumens der Böden musste abgesehen werden, da infolge der steinigen Beschaffenheit derselben ihre Struktur bei der Probenahme und beim Transport vollständig verloren ging.

Bezüglich der zur Begutachtung stehenden Frage lässt sich nun folgendes Allgemeine sagen:

Für die Beurteilung des an ein Wasser zu stellenden Reinheitsgrades ist in erster Linie die beabsichtigte Verwendung desselben massgebend. Weiterhin können für die Beurteilung des Grades, in welchem diese Anforderungen modifiziert werden dürfen, in Betracht kommen: die Herkunft des Wassers, die Art seiner Gewinnung und Aufspeicherung, sowie die grössere oder geringere Schwierigkeit seiner Beschaffung.

Im vorliegenden Falle handelt es sich um die Verwendung eines Wassers zu Trinkzwecken, und infolgedessen sind an dasselbe im Prinzip die schärfsten Anforderungen hinsichtlich des Freiseins von Infektionsstoffen sowie bezüglich der Bekömmlichkeit zu stellen. Theoretisch muss von einem solchen Wasser verlangt werden, dass es von Infektionskeimen vollständig frei ist; da aber nur einwandfreie Grundwässer diese Eigenschaft an sich besitzen, Oberflächenwässer dagegen dieselbe nur teilweise je nach der Art ihrer Herkunft besitzen oder nach ihrer späteren Behandlung gewinnen können, so ist diese Forderung entsprechend zu modifizieren, je nachdem es sich um ein Grundwasser oder um ein Oberflächenwasser handelt.

Das Talsperrenwasser ist zweifellos als Oberflächenwasser anzusehen, und infolgedessen werden für seine Beurteilung diejenigen Gesichtspunkte in Frage kommen, wie sie für Oberflächenwasser massgebend sind. Diese Gesichtspunkte sind durch Bestimmungen der Gesundheitsbehörden genau festgelegt (vgl. Rundschreiben des Reichskanzlers vom 13. Januar 1899: „Grundsätze für die Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration“: abgedruckt in: Veröffentl. d. Kaiserl. Ges.-Amtes. 1899. S. 107, sowie Vierteljahrsschr.

Digitized by Google

f. gerichtl. Med. u. öffentl. San.-Wesen. 3. Folge. Bd. 17. 1899. S. 403). Danach ist zur Erzielung bestmöglicher Eigenschaften eine der Verwendung für die Speisung einer Trinkwasserleitung vorausgehende besondere Behandlung der Oberflächenwässer amtlich vorgeschrieben: Als beste derartige Vorbehandlung wird die Filtration des Wassers durch Sandfilter von bestimmter Konstruktion angesehen: die Brauchbarkeit dieser Sandfilter wird beurteilt nach ihrer jedesmaligen Wirkung; ein in Sandfiltern vorbehandeltes Wasser darf im allgemeinen nicht mehr als 100 entwickelungsfähige Keime in 1 ccm besitzen und muss farblos und frei von Schwebestoffen sein.

Da diese Normen für die Beurteilung der Güte eines Wassers bislang praktisch ausgereicht haben, so ist es naheliegend, für die im vorliegenden Falle geforderte Begutachtung der Brauchbarkeit der Rieselwiesen die nach diesen Normen arbeitenden und als bestes Mittel zum Genussfähigmachen von Oberflächenwasser angesehenen Sandfilter zum Vergleiche heranzuziehen.

Wenn die Rieselwiesen imstande sind, das Wasser ebenso zu reinigen wie eine Sandfilteranlage, dann ist damit in dem obigen Sinne ohne weiteres ihre Zulässigkeit als Filteranlage für Trinkwasser erwiesen. Arbeiten sie dagegen mit geringerem Effekt, so bleibt noch zu erwägen, ob nicht ihre Anwendung in einzelnen Fällen, nämlich in solchen, in denen die Herkunft des zu reinigenden Wassers eine mehr oder weniger einwandsfreie ist, doch event. mit grösseren oder geringeren Einschränkungen zu gestatten sei.

Um den Vergleich mit Sandfilteranlagen anstellen zu können, ist es zunächst notwendig zu wissen, mit welchem positiven Effekt Sandfilteranlagen arbeiten. Wir haben zu dem Zwecke einige Versuche an dem in der Pumpstation des Wasserwerkes Remscheid befindlichen Sandfilteranlagen gemacht und haben diese Untersuchungen auf Grund der dort gemachten Beobachtungen an den Filteranlagen eines anerkannt gut geleiteten Wasserwerks mit Oberflächenwassergewinnung fortgesetzt.

Diese Untersuchungen erstreckten sich nicht darauf, ob die Sandfilter fähig sind, im Wasser vorhandene Bakterien vollständig zurückzuhalten; denn darüber sind wir durch eine grosse Zahl einwandfreier Untersuchungen von Fraenkel, Proskauer, Piefke u. a. genügend unterrichtet. Wir wissen, dass es nicht möglich ist, ein Wasser durch Sandfiltration von Keimen vollständig zu befreien. Ein Teil der letzteren findet sich im Reinwasser

wieder, und wenn auch dabei die harmloseren Arten weitaus überwiegen, so bietet doch das Sandfilter keine absolute Sicherheit gegen das gelegentliche Passieren von event. vorhandenen pathogenen Keimen. Es war also genügend, hinsichtlich des bakteriologischen Reinigungseffektes festzustellen, wieviel Keime das Wasser vor dem Passieren der Rieselwiese und wieviel es nach dem Passieren derselben enthielt.

Anders jedoch verhielt es sich mit der Beurteilung der Leistung eines Sandfilters im Zurückhalten von Plankton. Seitens unserer Sachverständigen wurden in dem Reinwasserbrunnen hinter der Rieselwiese in Ronsdorf Planktonorganismen des Talsperrenwassers, d. h. Organismen, welche erheblich grösser sind als Bakterien, gefunden. Dieser auffällige Befund wiederholte sich im Reinwasserbrunnen der Tentebachwiese bei Remscheid und demjenigen der Rieselwiesen vor der Talsperre in Solingen. Die bei orientierenden Versuchen gewonnenen Ergebnisse veranlassten unsere Sachverständigen, die Versuche unter allen gebotenen Vorsichtsmassregeln zu wiederholen in der Weise, dass eine bestimmte, mit der Planktonpumpe [nach Volk[1])] gehobene Wassermenge abfiltriert und durchsucht wurde, um über die Qualität der durch die Wiese gegangenen Organismen orientiert zu sein.

Da über das Vorkommen von Plankton- (und event. Schlamm-) Organismen im Reinwasser, welches durch Sandfilter gewonnen ist, genügende Angaben nicht vorlagen, so wurde gleich in Remscheid analog den Versuchen mit den Rieselwiesen ein solcher mit dem Sandfilter angestellt und dabei gefunden, dass in der Tat in der Reinwasserkammer vereinzelte Planktonorganismen sich vorfanden.

Da die Zeit zu knapp war, um diese Versuche in Remscheid selbst zu wiederholen, so wurden sie, wie oben schon erwähnt, an einem anderen Wasserwerk fortgesetzt, und zwar an einem alten Werk, dessen anerkannt zweckentsprechende Einrichtung und sachgemässe Leitung die Erlangung brauchbaren Materials für die Beurteilung ohne Weiteres gewährleisteten. Der Effekt war, wie gleich vorausgeschickt sein möge, derselbe: in den Reinwasserkammern sämtlicher untersuchten Filter (insgesamt 13 Stück) wurden Planktonorganismen in geringer Zahl gefunden (ca. 10—20 pro cbm).

1) Rich. Volk, Die bei der Hamburgischen Elbeuntersuchung angewandten Methoden zur quantitativen Ermittelung des Planktons. Mitteil. a. d. Naturhistor. Museum. XVIII. 1901. Hamburg.

Gegen diese Tatsache könnte nun der Einwand erhoben werden, wie es seinerzeit auch bezüglich der pathogenen Bakterien geschah, dass diese Organismen beim Aufbau der Filter in die Reinwasserkammern gelangt wären und sich dort fortgepflanzt hätten, dass sie aber keineswegs die filtrierende Sandschicht passiert hätten. Den Beweis für die Unrichtigkeit dieser Annahme erbrachten hinsichtlich der pathogenen Bakterien Fraenkel und Piefke (vergl. Zeitschrift f. Hygiene. Bd. 8. S. 1ff.), und hinsichtlich der Planktonorganismen haben unsere Sachverständigen sich bemüht, in dieser Beziehung Klarheit zu schaffen.

Zu diesem Zwecke wurden aus einer Reihe von Filterkammern Sandproben aus verschiedenen Tiefen entnommen und mikroskopisch untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass allenthalben im Sand, im Kies und an den Wänden der Abflusskanäle der Filter ausser Bakterien noch andere lebende Organismen zu finden waren, z. B. Kleinkrebschen, Larven von solchen, Schlammwürmer (Nematoden), Kieselalgen, z. B. Navicula (lebend), Cyclotella comta (in den oberen Schichten lebend, in den unteren tot), Synedra ulna (abgestorben), Asterionella mit 1 und 2 Strahlen (abgestorben) u. a. m.

Diese Organismen waren in den oberen Schichten des Filtersandes viel häufiger als in den unteren, wie von vornherein zu erwarten war.

Bringt man von einer aus der Tiefe eines Filters entnommenen Sandprobe eine kleine Menge auf einen Objektträger und häuft den Sand dicht zusammen, so kann man im durchfallenden Licht unter dem Mikroskop häufig beobachten, wie kleine Krebschen (Canthocamptus) in den Poren des Sandes wie Eidechsen hin und her huschen. Dieselben können sich nach diesen Beobachtungen frei im Sande bewegen und die Schichten desselben passieren.

Der Umstand, dass diese stets sehr beweglichen Tierchen in allen Schichten des Sandes lebenskräftig gefunden wurden, spricht ohne weiteres dafür, dass sie dort ihre natürlichen Lebensbedingungen finden.

Ob solche oder andere Organismen im Eistadium in den Sand gelangen und erst hier ausschlüpfen und sich vielleicht noch vermehren, oder auch gelegentlich durch Spalten im Mauerwerk in das Reinwasser kommen, ist von nebensächlicher Bedeutung, denn dass tatsächlich verschiedene Organismen, welche grösser sind als Bakterien, in den Sand der Filter ein- und durch dessen

Poren — freilich in geringer Menge und wohl in langsamem Tempo — durchdringen, steht nach diesen Untersuchungen fest.

Werden die im Vorstehenden mitgeteilten Resultate zusammengefasst, so kann man bezüglich der untersuchten Rieselwiesen folgendes sagen:

Eine zusammenhängende Schlammdecke, wie bei Sandfiltern, ist bei Rieselwiesen nicht vorhanden; wenigstens besitzen eine solche die oben genannten, von unseren Sachverständigen untersuchten Rieselwiesen bis jetzt nicht. Wäre sie vorhanden, so würde sie, besonders im Frühling, wenn die Wurzelstöcke aussprossen, von den zahlreich hervorbrechenden Schossen an vielen Stellen durchstossen werden.

Dieser Umstand bedingt es offenbar, dass das Abfangen der im auffliessenden Wasser enthaltenen Keime weniger ergiebig ist als bei Sandfiltern. Es dürfte, soweit sich aus den bisherigen Beobachtungen Schlüsse ziehen lassen, bei einer zweckmässigen Aptierung der Rieselwiesen eine nicht unerhebliche Reduktion der Keime statthaben, die allerdings die bei Sandfiltern beobachtete nicht erreicht.

Alle untersuchten Rieselwiesen zeigten sich durchlässig für Plankton und einige andere Organismen. In einem Falle traten mit dem Talsperrenwasser mindestens 10 000 Individuen von Polyarthra im cbm auf die Wiese auf: beim Abfluss aus dem Sammeldrain fanden sich noch 500 davon pro cbm, meist im lebenden Zustand.

Auch in durch Sand filtriertem Oberflächenwasser finden sich Planktonorganismen, wiewohl nach unseren Untersuchungen sehr wenige.

Wenn nun nach allem, was wir über die hygienischen Leistungen der Sandfilter wissen, nicht gesagt werden kann, dass das konstatierte Passieren von wenigen Planktonorganismen eine Sandfilteranlage wertlos macht, so ergibt sich bezüglich der untersuchten Rieselwiesen doch der Schluss, dass der Filtriereffekt hinter dem der Sandfilter zurücksteht. Dabei ist zu beachten, dass umfassende Untersuchungen in den Sommermonaten noch fehlen. Es sprechen manche Erwägungen dafür, dass die Resultate sich dann günstiger gestalten.

Bezüglich der genannten Punkte stehen die Rieselwiesen hinter den Sandfiltern offenbar zurück. Andererseits soll nach der unseren Sachverständigen gegenüber geäusserten Ansicht einiger Wasserwerks-

Digitized by Google

direktoren das von den Rieselwiesen kommende Wasser einen erfrischenderen Geschmack besitzen als das durch Sandfilter gegangene.

Was speziell die Rieselwiese der Stadt Haspe angeht, so ist in hygienischer Beziehung über dieselbe folgendes zu sagen: Wenn ein Niederschlagsgebiet weitgehend vor Besiedelung durch Menschen bewahrt bleibt und die aus diesem Gebiet zufliessenden Wässer in einer Talsperre gesammelt werden, so befindet sich in dieser zwar Oberflächenwasser, aber ein solches, bei dem der Reinhaltung der Zuflüsse durch menschliches Eingreifen bereits weitgehend unter pekuniären Opfern Aufmerksamkeit geschenkt worden ist. Ein so grosses Becken wie die projektierte Hasper Talsperre gibt ohne Zweifel weiter durch Selbstreinigung eine gewisse Gewähr für die Vermeidung von Kalamitäten durch pathogene Keime, wobei der Grad der Selbstreinigung allerdings noch genauer zu erforschen ist. Solches Wasser wird, schon um Schwebestoffe abzufangen, natürlich einer weiteren Reinigung bedürfen, wenn Verwendung zu Trinkzwecken in Frage kommt.

Gegen die Verwendung der Hasper Rieselwiese zu Filtrierzwecken wäre — zweckmässige Aptierung und ordnungsmässigen Betrieb vorausgesetzt — nichts einzuwenden. Die Drains müssten natürlich genügend tief und so gelegt werden, dass sie von ausreichend feinem Sand in genügend dicker spaltenloser Schicht umgeben sind.

Wenn die Anstalt davon überzeugt ist, dass unter diesen Voraussetzungen die Wirksamkeit der Filtration nach der hygienischen Seite hin eine ausreichende sein wird, will sie nicht unterlassen darauf hinzuweisen, dass die Stadt Haspe immerhin, namentlich was die technische Seite des Betriebes angeht, ein Experiment macht, wenn sie Rieselwiesen anlegt; es ist nämlich die Frage der eventuellen Verstopfung nicht aus dem Auge zu lassen. Wird ein für die Wasserfiltration genügend feiner Sand zur Packung der Drains verwendet, so ist nicht ausgeschlossen, dass sich bei dem Betrieb der Wiesen die Poren allmählich zusetzen. Bestimmtes darüber lässt sich nicht aussagen, denn es fragt sich, was für Planktonorganismen in der künftigen Sperre zur Entwickelung kommen werden: ob dieselben leicht der Zersetzung im Boden anheimfallen oder relativ resistent sind (durch ihre Hüllen). Wahrscheinlich werden sich dieselben Organismen entwickeln wie in den übrigen Sperren, d. h. unter diesen auch hartschalige; doch könnte man solche nach dem Vorschlag von Geheim-

Digitized by Google

rat Intze in Anlehnung an die Versuche in Remscheid durch Borchardtsche Tücher[1]) abfangen. Ausserdem liesse sich im Notfalle wohl ähnlich wie bei Rieselfeldern durch geeignete mechanische Behandlung der obersten Schichten (Lockern der Grasnarbe durch vorsichtiges Eggen) geeignete Abhilfe schaffen.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass bei Inbetriebnahme der entsprechend hergerichteten Wiese sich zunächst vielleicht schlechte Resultate ergeben können. Dieselben wären schon deshalb nicht überraschend, weil beim Berieseln die Vegetationsbedingungen ganz andere als vorher würden. So z. B. würde das Buschwindröschen (Anemone nemorosa) voraussichtlich absterben und der Zersetzung anheimfallen, womit natürlich ein Anwachsen des Keimgehaltes verbunden wäre. Doch würde dieser hygienisch unwichtige Uebelstand sich mit der Zeit geben und normalen, konstanten Verhältnissen sehr wahrscheinlich bald Platz machen.

In der dortigen Gegend findet sich vielfach Ton und Lette im Untergrund der Wiesen, also ein Material, welches zu Filtrationszwecken viel weniger geeignet ist als Sand. Sandige Wiesen mögen ganz anders wirken. Darüber fehlen aber umfassende Studien.

Was hier über Rieselwiesen gesagt ist, hat demnach in wesentlichen Punkten lokale Bedeutung und darf nicht ohne weiteres verallgemeinert werden.

Wir kommen zu folgendem Schlussergebnis:

Die untersuchten Rieselwiesen standen nach den von uns angestellten Prüfungen zur Zeit der letzteren in ihrer Wirkung normal betriebenen und in vorschriftsmässigem Zustande befindlichen Sandfiltern zweifellos nach. Dieser geringeren Wirksamkeit steht jedoch gegenüber die im Vergleich zu Flusswässern u. s. w. erheblich einwandfreiere Herkunft des Talsperrenwassers.

Mit Rücksicht auf diesen Punkt und ferner darauf, dass in Solingen, wo die Reinigung des Wassers nicht durch die Wirkung eines Stauweihers unterstützt wird, irgend welche betriebstechnische oder hygienische Uebelstände bislang sich nicht gezeigt haben, hält die Anstalt sich für berechtigt, die versuchsweise Einrichtung von Rieselwiesen am Hasper Bach, wo die Bodenbeschaffenheit nach den

1) C. Borchardt, Vorschaltfilter aus Filtertuch. Schillings Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung. 47. Jahrg. 1904. S. 210.

Digitized by Google

angestellten Untersuchungen nicht unerheblich günstiger ist als bei den anderen Rieselwiesen, zu befürworten.

Wenn der Stadt Haspe dabei die Auflage gemacht wird, dass sie im Falle eines Versagens der Rieselwiese eine Sandfilteranlage (oder Ozonanlage) einrichtet, so kann in dem versuchsweisen Betrieb einer ordnungsmässig eingerichteten Rieselwiese eine hygienische Gefahr unsererseits nicht erblickt werden.

Für die Einrichtung und den Betrieb sind u. a. folgende Punkte zu berücksichtigen:

1. Die Rieselwiese ist durch Einzäunung vor dem Betreten durch Unberufene zu schützen.
2. Verunreinigung der Wiese ist streng zu verbieten, und derselben ist durch Anbringung zweckmässiger Einrichtungen zur Befriedigung der Bedürfnisse tunlichst vorzubeugen.
3. Der möglichst gleichmässigen Entwickelung der Grasnarbe ist gehörige Aufmerksamkeit zu schenken.
4. Die Drainagen sind sorgfältig in genügend dicke Schichten geeigneten Sandes zu betten.
5. Die Wirkung der Rieselwiese ist durch sachgemässe bakteriologische (und zeitweilig auch chemische und biologische) Untersuchungen des Wassers ständig zu kontrollieren.
6. Die dem Stauweiher benachbarten oder ihn berührenden Verkehrswege sind tunlichst so zu gestalten, dass die Möglichkeit einer Verunreinigung des Stauweihers ausgeschlossen wird.

Berlin, 6. Mai 1903.

Mit der Ueberreichung des vorstehenden Gutachtens, dessen Abschluss mit Rücksicht auf die Entschliessung der Behörden über die schwebenden Fragen dringlich war, an den Herrn Minister hat die Anstalt die Angelegenheit der Verwendung des Talsperrenwassers nicht

Digitized by Google

als abgeschlossen angesehen, sie hat vielmehr einen Anlass darin gefunden, die Untersuchungen planmässig fortzusetzen; hierfür war ein weiterer Grund dadurch gegeben, dass als gemeinsame Aufgabe des „Vereins für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung“ und der Anstalt die „Wissenschaftliche Feststellung der Beschaffenheit von Talsperrenwasser zu verschiedenen Zeiten, in verschiedenen Tiefen, vor und nach Niederschlägen, und zwar an einer bereits längere Zeit im Betrieb befindlichen, an einer Talsperre kurze Zeit nach der Inbetriebnahme und an dem betreffenden Talbach- oder Flusswasser vor Beginn der Bauausführung“ gestellt worden war. Dementsprechend haben, zunächst an der Remscheider Talsperre, systematische Prüfungen durch die Anstalt seit März 1902 stattgefunden, für welche die Kosten aus den von dem „Verein für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung“ bereit gestellten Mitteln bestritten werden. Diese Prüfungen haben ein weiteres wertvolles Material für die Begründung der in dem vorstehenden Gutachten niedergelegten Anschauungen ergeben, dessen Veröffentlichung für später vorbehalten wird.

—— ——

Digitized by Google

Anlage 1.

Ergebnisse der Untersuchung der Wasserproben aus Ronsdorf, Remscheid, Solingen.

Journal-Nummer	Datum der Probenahme	Bezeichnung der Probe	Herkunft der Probe	Temperatur °	Farbe	Klarheit	Geruch	Reaktion	Abdampfrückstand (mg im Liter)	Glührückstand (mg im Liter)	Glühverlust (mg im Liter)	Ammoniak NH_3 (mg im Liter)	Salpetrige Säure N_2O_3 (mg im Liter)	Salpetersäure N_2O_5 (mg im Liter)	Chlor Cl (mg im Liter)	Eisen Fe_2O_3 (mg im Liter)	Permanganatverbr. $KMnO_4$ (mg im Liter)	Kalk CaO (mg im Liter)	Magnesia MgO (mg im Liter)	Schwefelsäure SO_3 (mg im Liter)	Schwefelwasserstoff H_2S (mg im Liter)	Härte Gesamt	Härte temporär	Härte permanent
74	30. 1. 03.	A. d. Stauweiher.	Ronsdorf.	2,5	Farbl.	Klar.	Geruchl.	Neutral.	85	50	35	0	0	0	10	0,05	6	9	7	22	0	1,9	0,6	1,3
75	„	A. d. Springbrunnen.	„	6,0	„	„	„	„	88	53	35	0	0	0	12	0,07	6	7	8	21	0	1,8	0,6	1,2
76	„	Vor d. Rieselwiese.	„	3,5	„	„	„	„	81	54	27	0	Spur.	0	12	0,05	6	6	7	22	0	1,6	0,6	1,0
77	„	Hinter der Rieselwiese.	„	6,0	„	„	„	„	85	53	32	0	0	Spur.	12	0,06	5	8	7	24	0	1,8	0,7	1,1
80	31. 1. 03.	Vor d. Rieselwiese.	Remscheid.	4,0	„	„	„	„	59	35	24	0	0	0	10	0,05	6	5	6	10	0	1,3	0,3	1,0
81	„	Hinter der Rieselwiese.	„	3,5	„	„	„	„	58	34	24	0	0	0	10	0,05	5	5	7	11	0	1,5	0,3	1,2
78	2. 2. 03.	Vor d. Rieselwiese.	Solingen.	3,5	„	„	„	„	60	38	22	0	0	0	14	0,07	6	6	5	16	0	1,3	0,4	0,9
79	„	Hinter der Rieselwiese.	„	3,5	„	„	„	„	55	35	20	0	0	0	12	0,06	6	5	7	17	0	1,5	0,4	1,1

Anlage 2.

Ergebnisse der mechanischen Analyse der den Rieselwiesen bei Ronsdorf, Remscheid, Haspe entnommenen Bodenproben (auf die frische Probe berechnet).

Journal-Nummer	Datum der Probenahme	Bezeichnung der Probe	Herkunft der Probe	Spez. Gew.	Wasser	Steine über 3 mm	Feinboden: Steinkies 3—2 mm	Feinboden: Grobkies 2—1 mm	Feinboden: Feinkies 1—0,5 mm	Feinboden: Grobsand 0,5—0,25 mm	Feinboden: Feinsand 0,25—0,10 mm	Feinboden: Staubsand unter 0,10 mm	Feinboden: Ton[1]
					%	%	%	%	%	%	%	%	%
56	30. 1. 03.	Humushaltige Schicht.	Ronsdorf.	1.21	55.70	4.28	0,75	0.91	6.29	1.75	2,52	9,02	18.78
57	„	Gelbe, lehmige Schicht.	„	1.51	14.11	53.29	2.82	2.27	2,77	2.29	2,65	15,60	4.20
58	„	Hellblaue, tonhalt. Schicht.	„	1.32	40.32	26,02	0,60	1.38	1,72	1.87	3,89	12,59	11,61
59	„	Tonhaltige Schicht.	„	1,46	21,62	13,01	1,58	1.87	2.46	2,15	4.23	39.61	13,47
82	„	Lehmige Schicht.	„	1,43	23,29	28.28	1,53	1,80	1,73	1.65	1,84	30,33	9,55
69	31. 1. 03.	Humose Schicht.	Remscheid.	1,30	42,79	4.31	0.47	1.99	2,14	1,24	1,19	34.02	11,85
70	„	Lehmige Schicht.	„	1,40	32.08	0,94	0,39	0.42	3.10	1,83	1,67	36.94	22,63
71	„	Graue, lehmige Schicht.	„	1.40	33,29	0,05	0.13	1,01	3.44	1,33	1,07	33,56	26.12
72	„	Blauer Ton.	„	1.48	19.05	33,55	1.81	3.45	2.96	3,57	4,69	10,26	20,66
85	4. 2. 03.	Gelbe, lehmige Schicht.	Haspe.	1.44	21.62	0.55	0.27	1,07	2,56	2,67	7,81	38,81	24,64
86	„	Humushaltige Schicht.	„	1.35	40,18	1.05	0,67	0,85	2.07	2,22	1,66	25,65	25,65
87	„	Blaue, tonige Schicht.	„	1,51	15,39	10.21	0,47	2.22	6.46	9.43	8,58	37,47	9,77
88	„	Helle, sandige Schicht.	„	1.38	31.56	0.11	0,18	1,81	3.68	5.27	4,85	32,26	20,28

1) Unter Ton sind (nach P. Wagner) diejenigen Teile verstanden, welche sich in einer Wassersäule von 29 cm Höhe und 8 cm Durchmesser nach halbstündigem Stehen nicht zu Boden gesetzt haben (vgl. Arb. d. Deutschen Landw.-Ges. Heft 80, S. 41 ff.).

Anlage 3.

Ergebnisse der mechanischen Analyse der den Rieselwiesen bei Ronsdorf, Remscheid, Haspe entnommenen Bodenproben (auf die bei 100° getrocknete Probe berechnet).

Journal-Nummer	Datum der Probenahme	Bezeichnung der Probe	Herkunft der Probe	Spez. Gew.	Steine über 3 mm %	Feinboden: Steinkies 3—2 mm %	Grobkies 2—1 mm %	Feinkies 1—0,5 mm %	Grobsand 0,5—0,25 mm %	Feinsand 0,25—0,1 mm %	Staubsand unter 0,1 mm %	Ton[1] %
56	30. 1. 03.	Humushaltige Schicht.	Ronsdorf.	1,48	9,66	1,70	2,06	14,20	3,94	5,68	20,36	42,40
57	„	Gelbe, lehmige Schicht.	„	1,59	62,04	3,28	2,64	3,22	2,66	3,08	18,19	4,89
58	„	Hellblaue, tonhalt. Schicht.	„	1,53	43,60	1,00	2,32	2,88	3,14	6,52	21,10	19,44
59	„	Tonhaltige Schicht.	„	1,59	16,60	2,02	2,44	3,14	2,68	5,40	50,54	17,18
82	„	Lehmige Schicht.	„	1,56	36,86	2,00	2,34	2,26	2,16	2,40	39,54	12,44
69	31. 1. 03.	Humose Schicht.	Remscheid.	1,58	7,54	0,82	3,48	3,74	2,18	2,08	59,45	20,71
70	„	Lehmige Schicht.	„	1,57	1,38	0,58	0,62	4,56	2,70	2,46	54,39	33,31
71	„	Graue, lehmige Schicht.	„	1,60	0,08	0,20	1,52	5,16	2,00	1,54	50,30	39,20
72	„	Blauer Ton.	„	1,59	41,50	2,24	4,26	3,66	4,34	5,80	12,68	25,52
85	4. 2. 03.	Gelbe, lehmige Schicht.	Haspe.	1,56	0,70	0,34	1,36	3,26	3,40	9,96	49,54	31,44
86	„	Humushaltige Schicht.	„	1,59	1,76	1,12	1,42	3,46	3,70	2,78	42,88	42,88
87	„	Blaue, tonige Schicht.	„	1,60	12,64	0,56	2,62	7,64	11,40	10,14	43,34	11,66
88	„	Helle, sandige Schicht.	„	1,55	0,16	0,26	2,64	5,88	7,70	7,08	47,13	29,65

[1] Unter Ton sind (nach P. Wagner) diejenigen Teile verstanden, welche sich in einer Wassersäule von 29 cm Höhe und 8 cm Durchmesser nach halbstündigem Stehen nicht zu Boden gesetzt haben (vgl. Arb. d. Deutschen Landw.-Ges. Heft 80, S. 41 ff.).

Digitized by Google

4.

(Aus dem hygienischen Institut zu Göttingen.)

Die Entwässerung der Stadt Göttingen, unter besonderer Berücksichtigung der neuen Abwässer-Reinigungsanlage dortselbst.

Von

Dr. **Busch**

in Ratzeburg.

(Mit 5 Abbildungen.)

Als in Göttingen Ende der 90er Jahre vorigen Jahrhunderts die Erweiterung des Kanalsystems in die Wege geleitet werden sollte, erwuchs der städtischen Verwaltung gleichzeitig noch eine andere, weit wichtigere Aufgabe, nämlich die, aus der bestehenden resp. zu erweiternden Kanalisation in Zukunft auch diejenigen Vorteile zu ziehen, auf die eine Stadt wie Göttingen auf die Dauer nicht verzichten konnte: die Einrichtung von Spülklosetts mit Einleitung der Fäkalien in die Kanalisation. Man musste endlich einen Anfang damit machen, das bestehende Kübel- und Grubensystem, dessen hygienische wie ästhetische Unzulänglichkeit besonders von Wolffhügel und Fischer immer wieder betont worden war, zu beseitigen, und wenn auch nicht mit einem Male, so doch nach und nach. Obgleich nun vorauszusehen war, dass die Lösung der Abwässerfrage eine keineswegs leichte sein und man dabei auf mancherlei Schwierigkeiten stossen würde, so wurden die diesbezüglichen Verhandlungen doch dank den jahrelangen Bemühungen des Magistrats, der mit geradezu eiserner Energie auf das einmal als richtig erkannte Ziel hinarbeitete und dabei durch die eingehenden Voruntersuchungen von Wolffhügel und Fischer über die einschlägigen Verhältnisse speziell der in Frage kommenden Vorflut wesentlich unterstützt wurde, einem verhältnismässig schnellen und befriedigenden Ende entgegengeführt.

Digitized by Google

Schon im Jahre 1896 hatten Fischer und Wolffhügel ihre Ueberzeugung gutachtlich dahin ausgesprochen, dass es keine öffentlichen Nachteile hervorrufen könne, wenn zu der bisherigen Belastung des Wasserlaufes der Leine mit den Abgängen aus der Stadt auch noch diejenige durch die Fäkalienzuführung hinzuträte, zumal wenn die Einleitung der Fäkalien in die Kanäle an gewisse Reinigungsbedingungen geknüpft würde. Zur Begründung dieser Ansicht wurde in erster Linie darauf hingewiesen, dass, obgleich seit vielen Jahren alle Schmutzwässer der Stadt in den Leinefluss gingen, gleichwohl sich niemals irgendwelche Unzuträglichkeiten daraus ergeben hätten. Exakte Untersuchungen über die für die Frage einer event. Abwässerreinigung höchst wichtige Wasserführung der Leine führten zu dem Resultat, dass letztere im Durchschnitt eine Wassermenge von mindestens 5 Sekundenkubikmeter führe und dass das vielleicht etwas kleinere absolute Minimum, das übrigens immerhin noch eine etwa 52fache Verdünnung der Abwässer gewährleistete, von so kurzer Dauer sei, dass es ohne Bedenken vernachlässigt werden konnte. Dazu kam, dass die Leine eine verhältnismässig grosse Geschwindigkeit, ein steiles Ufer und enges Bett hat, sodass eine Ablagerung von Schlamm durch die Abwässer aus der damals 30000 Einwohner zählenden Stadt bisher noch nirgends stattgefunden hatte und bei einer Erhöhung der Abwässer um $1/_{80}$, die sich aus der Fäkalienzuleitung ergeben würde, auch nicht zu erwarten war. Auch wurde mit Recht darauf hingewiesen, dass die Verunreinigung der Leine nur zu einem Teile aus der Kanalisation, im übrigen aber hauptsächlich aus gewerblichen Betrieben stamme. Von Bedeutung war endlich auch, dass es eine Schiffsbevölkerung auf der Leine nicht gab und dass die nächsten menschlichen Wohnungen an derselben 4,2 km flussabwärts lagen, nämlich in dem Dorfe Bovenden, das allerdings angeblich hier und da Leinewasser zu Trinkzwecken benutzt haben sollte. Das näher bei Göttingen gelegene Dorf Weende lag dagegen so weit von der Leine entfernt, dass hier das Wasser derselben schon aus diesem Grunde als Trinkwasser nicht in Betracht kam. Gleichwohl wurde von beiden Orten Protest gegen die Verschlechterung des Leinewassers durch die Einleitung der Fäkalien aus Göttingen erhoben, indem speziell auf die in beiden Orten vorgekommenen Erkrankungen an Typhus hingewiesen wurde, für deren Entstehung und Verbreitung durch Einleitung der Fäkalien in die Leine eine nur noch grössere Möglichkeit gegeben sein würde. Demgegenüber konnte zunächst betont werden, dass nach

den angestellten Untersuchungen gelegentlich der Typhus-Epidemie, die lediglich auf eine grobe Verunreinigung des durch Weende fliessenden Weendebaches seitens der Bewohner zurückzuführen war, gleichwohl eine epidemische Erkrankung der Bewohner des Leinetales nicht erfolgte, sondern dass es sich da, wo Typhusfälle vorkamen, um sporadische Krankheitsfälle, übertragen von Person auf Person, handelte. Des Weiteren musste es als feststehende Tatsache betrachtet werden, dass eine Verunreinigung des Leinewassers mit Typhusbacillen auch unabhängig von der event. Einleitung der Fäkalien in die Leine stets möglich war und auch in Zukunft sein würde, da erwiesenermassen die beschmutzte Wäsche von Typhuskranken oft schon tagelang über den Spülbecken gewaschen wurde, bis die Krankheit als solche konstatiert und ärztlicherseits eine weitere Verseuchung des Kanalwassers verhindert wurde. Auch unterlag es keinem Zweifel, dass schon damals durch widerrechtliche Ausleerung der Fäkalien in die Kanalisation bei gelegentlichen Typhuserkrankungen zahlreiche Typhuskeime in die Abwässer gelangten — eine Tatsache, die nicht nur in Göttingen, sondern auch in anderen Städten bei Gelegenheit der Verhandlungen über Städte-Assanierung und Reinhaltung von Flüssen immer wieder konstatiert worden ist, und deren Bedeutung und Berücksichtigung in speziellen Fällen kein geringerer als Pettenkofer betont hat, als die Frage der Einleitung der Abwässer der Stadt München in die Isar brennend geworden war und ihrer wissenschaftlichen Lösung harrte. War also bis dahin in dieser Beziehung oft gesündigt worden, so musste man sich von vornherein sagen, dass dies selbst bei der schärfsten Kontrolle auch weiterhin geschehen und besonders schon deshalb nicht zu verhindern sein würde, weil die Ausleerung von Urin und Fäkalien in die Kanalisation oder direkt in die Leine per nefas in der Regel des Nachts geschehe. Unter solchen Umständen war es also viel richtiger, die Einleitung der Fäkalien in die Kanäle durch Einrichtung von Wasserklosetts überhaupt frei zu geben, dann aber die gesamten Abwässer einer nach den neuesten Erfahrungen der Wissenschaft und Technik durchzuführenden mechanischen Reinigung zu unterwerfen. Den theoretischen Bedenken, die lange Zeit gegen die Einleitung von Schmutzwässern in Stromläufe geltend gemacht waren, war glücklicherweise längst der Boden entzogen. Nachdem Pettenkofer mit dem ganzen Mut seiner wissenschaftlichen Ueberzeugung dafür eingetreten war, dass man unter Umständen, d. h. wenn Menge und Beschaffenheit der Abwässer in

Digitized by Google

einem entsprechenden Verhältnis zur Wasserführung und Beschaffenheit des Vorfluters ständen, die gesamten Schmutzwässer einer Stadt, sogar ohne vorherige Reinigung oder nach einer nur oberflächlichen Reinigung, den fliessenden Gewässern übergeben dürfe, ohne dass daraus sanitäre Uebelstände entstehen würden, seitdem hat sich mehr und mehr die Ueberzeugung Bahn gebrochen, dass man von dem bisher mit grosser Rigorosität festgehaltenen Prinzip, in jedem Falle von Einleitung städtischer Abwässer in Flussläufe zuvor eine peinliche Abwässerreinigung, event. sogar -Desinfektion zu verlangen, in Zukunft werde absehen müssen, wenn anders man die Lösung der schwierigsten Aufgaben der Stadthygiene, die Kanalisation und Beseitigung der Abfallstoffe, nicht auf einen toten Punkt bringen wollte. Denn daran konnte nicht gezweifelt werden, dass, wenn man die Einführung von städtischen Abwässern in Flüsse, insbesondere wenn sie menschliche Auswurfstoffe enthielten, nur unter der Bedingung zulassen wollte, dass die betreffenden Städte sich verpflichteten, die Abwässer zuvor durch komplizierte, in der Anlage sowohl als auch besonders in der Unterhaltung kostspielige Kläranlagen von den kleinsten schwebenden Teilen sorgfältig zu befreien oder womöglich durch Zusatz von Chemikalien dauernd zu desinficieren, dass dann die städtischen Verwaltungen schon aus Furcht vor den ungeheuren Kosten, welche ihnen aus derartigen Anlagen erwachsen würden, auf die grossen Vorteile eines geordneten Kanalisationssystems, insbesondere auf die Annehmlichkeit von Wasserklosetts verzichten würden. Letztere würden gewissermassen zu einem hygienischen Luxus werden, und die Städtebewohner nach wie vor gezwungen sein, die hygienischen und ästhetischen Missstände, die mit der Aufstapelung der Auswurfstoffe in den Grundstücken verbunden, und nicht minder die Störungen und Widerwärtigkeiten, die bei der Abfuhr derselben unvermeidlich sind, weiterhin über sich ergehen zu lassen. Damit wäre aber die Stadthygiene bereits auf dem erwähnten toten Punkt angelangt, denn ein Zustand, wie der eben geschilderte, würde gleichbedeutend sein mit einer völligen Sistierung der Städtekanalisation überhaupt. Dieser bedenklichen Situation wurde denn auch in Preussen vollauf Rechnung getragen, indem bei den diesbezüglichen Verhandlungen in dem Hause der Abgeordneten am 28. und 30. Januar 1901, die, wie Schmidtmann mit Recht sagt, das Aktuelle der Flussreinhaltungsfrage am deutlichsten zum Ausdruck brachten, der Standpunkt vertreten wurde, dass die Frage, ob eine künstliche Reinigung der Ab-

wässer überhaupt erforderlich, bezw. welche Art der Reinigung im gegebenen Falle vorzuschreiben sei, von Fall zu Fall unter eingehender Prüfung der gesamten Verhältnisse zu entscheiden sei. Und so hat denn auch das Staatsministerium kein bestimmtes Gesetz aufgestellt, welches die Reinhaltung der Flüsse gewissermassen generell vorschreibt, sondern es ist der Ansicht, dass man versuchen müsse, auf dem Wege der individuellen Behandlung des einzelnen Falles im Verwaltungswege zu einem befriedigenden Resultat zu gelangen. Es fragte sich nun, wie man, diesem Prinzip der individuellen Behandlung folgend, mit Göttingen verfahren sollte. Die Lösung dieser Frage war, wenn man die in Betracht kommenden örtlichen Verhältnisse prüfte, verhältnismässig leicht. Das, was man von Göttingen verlangen musste, wenn man der Stadt erlauben wollte, die Fäkalien der Leine zu überliefern, wird Einem besonders dann klar werden, wenn man, dem Beispiele Schmidtmanns folgend, gewisse Grundsätze für die Einleitung von Abwässern in Vorfluter aufstellt. Im allgemeinen kann man sagen, dass, wenn die Wasserführung und Beschaffenheit des Vorfluters nicht in einem solchen Verhältnis zu der Menge und Beschaffenheit der Abwässer steht, dass die Voraussetzungen einer Selbstreinigung gegeben sind, eine künstliche Reinigung der Abwässer erforderlich ist, da andernfalls die Verunreinigung des Vorfluters zu ästhetischen, wirtschaftlichen und hygienischen Missständen Veranlassung geben würde. Die Art der künstlichen Reinigung ist dann nach Prüfung der Gesamtverhältnisse zu wählen.

Wir haben nun zu Anfang bereits hervorgehoben, dass infolge der günstigen Bedingungen, die gerade bezüglich der Vorflutverhältnisse in Göttingen gegeben sind, bisher noch niemals irgendwelche Uebelstände der erwähnten Art durch die Einleitung der Abwässer in die Leine hervorgerufen waren. Es fragte sich aber, ob diese Verhältnisse sich nicht verschieben würden, wenn ausser den gewöhnlichen Abwässern auch noch die Fäkalien in die Leine abgeführt werden würden. Diese Frage musste, vom ästhetischen und hygienischen Gesichtspunkte betrachtet, entschieden bejaht werden. Einmal war vorauszusehen, dass die im Flusse herumschwimmenden Kotballen, Papierfetzen u. s. w. einen widerwärtigen Anblick gewähren würden, und dann konnten üble Gerüche besonders dadurch entstehen, dass an flachen Stellen sowie hauptsächlich an den Stromwindungen die unvergorenen Fäces sich ablagerten. Bekanntlich hat beim Uebergange von der geraden zur krummen Richtung die Wassermasse ein

Bestreben, vermöge ihres Beharrungsvermögens in gerader Linie weiterzufliessen. Dadurch entsteht aber am hohlen Ufer eine grössere Stromgeschwindigkeit, während dieselbe am konvexen Ufer vermindert wird und sich hier Sinkstoffe ablagern, welche das mit schnellerer Bewegung ankommende Wasser mitbringt. Es musste also, zumal die Leine ziemlich reich an Windungen ist, mit der Gefahr der Ablagerung von Sinkstoffen, wenn nicht sofort, so doch bei der starken Zunahme der Bevölkerung in absehbarer Zeit unbedingt gerechnet werden, und zwar hauptsächlich im Sommer, wo die Leine verhältnismässig wasserarm zu sein pflegt. So ergab sich aus dieser drohenden Verletzung des hygienischen Decorum denn auch als erstes Postulat die Beseitigung der gröberen Schwimmstoffe aus den Abwässern vor Einleitung derselben in die Leine. Des weiteren musste verlangt werden, dass diejenigen Ortschaften, welche möglicherweise in die Lage kommen konnten, Wasser zu Genusszwecken aus der Leine zu schöpfen, nämlich Bovenden und Nörten, mit einer einwandsfreien Wasserversorgung versehen und so ein für alle Male der Versuchung enthoben würden, Leinewasser zu Trinkzwecken zu benutzen. Drittens musste verlangt werden, dass in jedem einzelnen Falle von ansteckender Krankheit, bei der die Möglichkeit einer Uebertragung durch Verunreinigung der Kanalwässer mit Fäkalien gegeben war, von der bestehenden Zwangsdesinfektion der ausgiebigste Gebrauch gemacht werden würde.

Göttingen stand also zunächst vor der Frage, für welches System der Reinigung der Abwässer es sich entscheiden sollte. Billiger Weise war es seitens der Regierung der Stadt überlassen, welchen Weg sie dabei einschlagen wolle; der Regierung selbst kam es in erster Linie auf den Nachweis der Zweckmässigkeit, speciell des tatsächlichen Reinigungseffektes der Anlage an. Nun sind ja, wie Monti (cf. Archiv f. Hygiene, Bd. 38) mit Recht hervorhebt, die Bemühungen, durch technische Mittel den Reinheitsgrad der städtischen Abwässer in befriedigender Weise zu erhöhen, in den letzten Jahren seitens einiger Firmen ganz ungeheure gewesen, und fast scheint es, als beweise die grosse Zahl der angegebenen und angepriesenen Methoden resp. Apparate bis zu einem gewissen Grade nur die Unzulänglichkeit der einzelnen. „Ein grosser Uebelstand ist" — so betont Monti mit noch grösserem Recht — „jedenfalls der, dass man zwar Dutzende solcher Methoden angegeben, zum Teil auch praktisch ausgeführt hat, dass aber zumeist, wenn überhaupt, sozusagen nur Musterversuche über den

Digitized by Google

Kläreffekt vorliegen. Wie sich dann diese Einrichtungen im Betriebe bewähren, wie sie nützen, wie oft sie versagen, darauf erhält man meist gar keine Antwort. Wer aber einigen praktischen Blick in die Verhältnisse hat, der weiss, dass praktischer Betrieb und Musterversuche unglaublich in ihren Ergebnissen sich unterscheiden können. Ebenso selten werden die finanziellen Verhältnisse der Betriebsergebnisse bekannt, und es fehlen daher zu einer objektiven Beurteilung die hauptsächlichen Grundlagen: finanzielle, technische und sanitäre." Man wird diesen Ausführungen in jeder Beziehung nur beistimmen, gleichzeitig aber auch ein gewisses Recht daraus ableiten können, von den vielen Vorrichtungen, die in den letzten Jahren zur mechanischen Reinigung von Abwässern ersonnen sind, gelegentlich einmal eine solche des Näheren zu beschreiben und die Erfahrungen, welche im praktischen Betriebe damit gemacht sind, der Oeffentlichkeit zu übermitteln, auch wenn es sich dabei nur um eine verhältnismässig einfache Anlage handelt.

Die neue Kläranlage in Göttingen ist nach den Entwürfen des Baurats Herzberg in Berlin, der mithin als der eigentliche Erfinder derselben anzusehen ist, hergestellt worden. Zweifellos aber gebührt auch dem Stadtbauamt in Göttingen uneingeschränktes Lob für die in jeder Weise wohlgelungene Ausführung der ganzen Anlage. Am 9. März 1903 wurde dieselbe dem Betrieb übergeben. Es war, um dies gleich vorwegzusagen, für ausreichend angesehen worden, wenn durch sie sämtliche Schwimmstoffe, die mehr als 5 mm im Durchmesser betragen, aus den Abwässern entfernt würden. Dass mit diesem Reinigungseffekt den ästhetischen wie hygienischen Forderungen in der Tat Genüge geleistet wird, soll später nachgewiesen werden.

Als Platz für das Gebäude (s. Abb. 1), in welchem die eigentliche Reinigungsanlage untergebracht ist, hat man denjenigen neben der Fäkalienabfuhranstalt auf der Weender Feldmark, im Norden der Stadt, gewählt, weil hier die Verarbeitung der Rückstände des Reinigungsverfahrens mit dem Inhalt der Kübel am bequemsten zu bewerkstelligen war. Dementsprechend wurden die städtischen Abwässer, die bisher von dem den Waschmühlenweg entlangführenden Hauptkanal von 80/120 cm lichter Weite direkt in die Leine abgeführt worden waren, nunmehr durch ein beim Uebergang von der Göttinger zur Weender Feldmark vom Hauptkanal abgehendes Zementrohr von 60 cm lichter Weite zunächst der Reinigungsanlage zugeführt. Diese Weite ist so bestimmt worden, dass mindestens eine

5fache Verdünnung der Abwässer durch Regenfall und dergl. eintreten muss, ehe der nicht mehr von dem Umleitungsrohr aufgenommene Teil der Abwässer über einen Ueberfall unmittelbar in die Leine geführt wird. Dass eine derartige Verdünnung genügt, um sanitäre und wirtschaftliche Übelstände zu verhüten, dürfte unter anderem daraus hervorgehen, dass man mit der gleichen Verdünnung der Abwässer auch in Köln und Dresden behördlicherseits sich zufrieden gegeben hat.

Kurz vor der Reinigungsanlage teilt der Kanal sich in 2 Stränge, von denen jeder eine Weite und Höhe von 100 cm hat. Hinter der Reinigungsanlage werden beide Rinnen wieder zu einem Kanal von

Abb. 1.

60 cm lichter Weite vereinigt und durch diesen die nunmehr von den Schwimmstoffen befreiten Abwässer der Leine zugeführt. Da jede Rinne zur Aufnahme der gleichen Reinigungsvorrichtung dient, so sind beide innerhalb der Reinigungsanlage rechtwinklig gemauert und symmetrisch so geordnet, dass je nach Stellung von Schiebern, die vor und hinter der Reinigung in jeder Rinne angebracht sind, die Wässer durch beide oder nur durch eine Rinne hindurchfliessen. Auch können die Kanäle sowohl gegen den Zufluss von der Stadt wie gegen den Rückstau von der Leine bei hohem Wasserstande durch jene Schieber abgesperrt werden. Der obere Fussboden des Reinigungsraumes liegt rund 1,20 m über dem Hochwasserstande der Leine, der untere Fussboden dagegen rund 1,50 m unter dem Hochwasserstande und 0,75 cm über

Digitized by Google

der Sohle der Kanalrinne. Bald nach dem Eintritt in den Reinigungsraum ist die Sohle an jeder Rinne um rund 70 cm vertieft worden und in diese Vertiefung taucht jederseits ein fast die ganze Breite der Rinne bestreichendes, als Tuch ohne Ende konstruiertes, über 2 Trommelscheiben geführtes Siebband von rund 17 m Länge (s. Abb. 2) ein, das, unter 45° gegen den Wasserspiegel geneigt, entgegen der Flussrichtung des Wassers durch dieses hindurchgezogen wird, alle Schwimmstoffe auffängt, hochträgt und bei der Umkehr, d.

Abb. 2.

h. unmittelbar hinter der oberen Trommel, wo sich das Tuch um 180° wendet, in einen bereitstehenden Kippwagen abwirft. Das Netzband besteht aus einem besonderen Gewebe aus $1^1/_2$ mm starkem, geglühtem Kupferdraht von rund 10 mm Maschenweite (s. Abb. 3), auf welchem in Entfernungen von je 100 cm niedrige Messingwinkel befestigt sind, die ein Zurückfallen lose aufliegender, aus dem Wasser geholter Verunreinigungen verhindern. Das Siebband gleitet, damit es durch sein Eigengewicht sowie durch das auf ihm ruhende Gewicht der aufgefangenen Sinkstoffe nicht zu sehr durchgedrückt wird, über

eine starke Messingwalze, die in der Mitte quer über dem eigentlichen Tragegerüst angebracht ist. Damit das Siebband in gleicher Führung bleibt, d. h. nicht seitlich ausweicht, sind zu beiden Seiten sogen. Gleitrollen angebracht. Oben und unten wird das Sieb, wie schon erwähnt, über bewegliche Trommelscheiben geführt, die ebenfalls an dem Tragegerüst befestigt sind. Die untere Scheibe liegt so tief, dass das Sieb nahezu bis auf den Boden der Rinne reicht, sodass schon aus diesem Grunde die Kanalwässer durch dasselbe fliessen und die

Abb. 3.
(Natürliche Grösse.)

Sinkstoffe sich auf ihm ablagern müssen. Um dies jedoch mit absoluter Sicherheit zu erreichen, ist das Wasser kurz vor dem Sieb durch einen konisch zulaufenden Blechkasten, der die ankommenden Kanalwässer möglichst nach der Mitte des Siebes leiten soll, noch um ein Geringes aufgestaut, sodass nun sicher nichts mehr unter dem Sieb hindurchfliessen kann. Das Tragegerüst kann vollständig hochgewunden werden, wodurch das betreffende Triebwerk ausser Funktion gesetzt wird (s. Abb. 4).

Der Antrieb auf die obere Scheibe, welche das Siebband in Be-

Digitized by Google

wegung setzt, erfolgt durch eine in einem Nebenraum stehende Dampfmaschine mittels einer Triebwelle. Damit das Siebband den Umdrehungen der Scheibe zuverlässig folgt und andererseits durch die Reibung nicht zu schnell abgenutzt wird, sind die Trommelscheiben mit vulkanisiertem Guttapercha überzogen, das sich durch besondere Geschmeidigkeit auszeichnet und dem Siebband eine günstige Haftfläche bietet. Um das Siebband in Tätigkeit zu bringen, braucht man, sobald die Maschine funktioniert, den Transmissionsriemen nur von der Leerscheibe auf die Vollscheibe einzurücken, wodurch die Trommel und mit ihr das Siebband sofort in Bewegung gesetzt wird.

Abb. 4.

Will man das Siebband zum Stehen bringen, ohne dass die Maschine ausser Betrieb gesetzt wird, so rückt man umgekehrt den Transmissionsriemen von der Vollscheibe auf die Leerscheibe, worauf das Siebband still steht. Neben der Trommel, in Verbindung mit der Hauptwelle am Triebwerk, ist noch ein Tourenzähler angebracht, der jede einmalige Umdrehung der Trommel resp. des Siebbandes in Zahlen anzeigt. Die Tourenzahl des Triebwerkes beträgt 1,316 in 1 Minute, 79 in 1 Stunde, die Geschwindigkeit des Siebbandes 2,48 m in 1 Minute, 148,8 m in 1 Stunde. In der eben beschriebenen Form wurde die Reinigungsanlage am 9. März 1903 dem Betriebe übergeben.

Es mögen hier nun gleich einige Verbesserungen angeführt werden, die sich im Laufe des Betriebes bald als notwendig erwiesen. Zunächst stellte sich heraus, dass die auf dem Siebe haftenden Stoffe vielfach zu leicht waren, um sich durch ihre eigene Schwere vom Siebe abzulösen. Deshalb sind nachträglich unterhalb der oberen Trommelscheibe zwei Apparate angebracht worden, nämlich erstens eine Bürstenwalze, die durch Vermittelung der eigentlichen Triebwelle in rotierende Bewegung gesetzt wird, und zwar entgegengesetzt derjenigen des Sieb-

Abb. 5.

bandes, sodass ihre Borsten von unten gegen das Sieb und durch dessen Maschen gegen die Sinkstoffe wirken, diese von den Maschen abstreifen und zum Abfallen bringen, zweitens ein ebenfalls in der ganzen Breite des Siebes angeordnetes durchlöchertes Wasserdruckrohr, aus dessen Löchern kräftige, feine Wasserstrahlen von unten her durch das Sieb dringen und die Stoffe hinausschwemmen. Durch diese verhältnismässig einfache Vorrichtung (s. Abb. 5) wird der beabsichtigte Zweck, auch die leichtesten Schwimmstoffe zur Ablösung vom Siebe zu bringen und in den darunter befindlichen Kippwagen zu befördern.

Digitized by Google

in ausgezeichneter Weise erreicht. Andererseits aber bedingte diese Neuerung noch eine kleine Korrektur der inneren Einrichtung der Kippwagen. Es stellte sich nämlich bald heraus, dass die in dem Kippwagen für das Ablaufen des Spülwassers angebrachten Durchlochungen in dem Wagenkasten sich durch die Sinkstoffe ziemlich schnell verstopften. Der Kippwagen enthielt dann verhältnismässig wenig Sinkstoffe, wenn sich derselbe bereits bis zum Rande mit Wasser gefüllt hatte. Das viele Wasser im Wagen war aber sehr unerwünscht, da es nicht gut mit auf den Komposthaufen gebracht werden konnte. Infolgedessen wurde der Kippwagen erst dann abgeführt, wenn sich in demselben die Sinkstoffe schon in grösserer Menge angesammelt hatten. Bis dahin floss aber das aus dem Wassergebläse stammende Spülwasser und mit ihm auch ein Teil der leichteren Sinkstoffe bereits über die Wagenborde hinweg auf den Fussboden des Gebäudes und gelangte von da in die hinter dem Siebband befindliche Abwässerrinne, die von Rechts wegen nur geklärtes Wasser führen sollte. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, wurden die Kippwagen mit einem Rechen und doppelten, vor einander gesetzten durchlöcherten Blechen versehen. Der Rechen hält nun die gröbsten Stoffe, und die durchlöcherten Bleche die noch durch den Rechen kommenden kleineren Stoffe ab. Auf diese Weise läuft das Spülwasser wieder klar in die hintere Rinne ab (s. Abb. 5), und die Sinkstoffe bleiben im Wagen zurück.

Endlich ist noch ein kleiner Mangel zu erwähnen, auf den man bei einer Neuanlage vielleicht noch mehr Rücksicht nehmen müsste, der aber jedenfalls auch leicht zu beseitigen sein wird. Es entsteht nämlich dadurch, dass das Siebband von Zeit zu Zeit nachgespannt werden muss und infolgedessen natürlich etwas schmaler wird, zwischen demselben und der senkrechten Mauerwand der Rinne beiderseits ein kleiner Zwischenraum, durch den ein, wenn auch nur geringer Teil der Abwässer ungereinigt hindurchfliessen kann. Vorläufig ist diesem Uebelstande mit Erfolg dadurch abgeholfen worden, dass man zum Abschluss jenes Zwischenraumes seitliche Bretter zwischen Sieb und Mauerwerk eingefügt hat.

Nach Beseitigung dieser Mängel, die der Reinigungsanlage in technischer Beziehung anfangs noch anhafteten, ist an derselben kaum noch etwas auszusetzen, und der beabsichtigte Reinigungseffekt wird in ausgezeichneter Weise erreicht.

Was den Betrieb der Reinigungsanlage betrifft, so dauert derselbe

an Werktagen von morgens 9 bis abends 10 Uhr, Sonntags — wenn nicht Regenwetter eine Fortsetzung des Betriebes notwendig macht — nur bis nachmittags 2 Uhr, und zwar ist von den beiden Triebwerken immer nur eins in Tätigkeit, während das andere als Reservetriebwerk ruht (s. Abb. 2 u. 4). Während der Nacht resp. Sonntags von 2 Uhr nachmittags an wird der Betrieb mit Rücksicht darauf, dass bedeutende Unterschiede in Menge und Beschaffenheit zwischen den Abwässern der Tag- und Nachtstunden vorhanden sind, eingestellt, das Siebband in die Höhe gewunden und an seiner Stelle das Nachtfilter, ein Rechen von 5 mm Stabweite heruntergelassen. Hinter diesem sammeln sich die während der Nachtzeit ankommenden Sinkstoffe an und werden des Morgens nach Ausschalten des Rechens von dem zuvor wieder in Betrieb gesetzten Bandsieb in der gewöhnlichen Weise aufgefangen und in den Kippwagen abgeworfen. Bei diesem Wechsel muss aber insofern etwas behutsam vorgegangen werden, als man das Nachtgitter nicht plötzlich in die Höhe ziehen darf. Es muss dies vielmehr allmählich geschehen, da die Schwimmstoffe, die sich während der Nachtzeit hinter dem Rechen angesammelt haben, bei einem plötzlichen Ausschalten desselben mit dem ebenfalls etwas aufgestauten Wasser sich sonst mit grosser Wucht auf das Siebband werfen und zum Teil oben und seitlich neben dem Siebe direkt in die hintere Rinne gelangen würden, anstatt abgefangen zu werden.

Jeden Abend, nachdem das Siebband in die Höhe gewunden, werden sämtliche oben befindlichen Teile: Trommel, Spritzrohr, Bürste, Fussboden u. s. w. gründlich abgespritzt und gereinigt, damit der Schmutz während der Nacht nicht antrocknen kann. Eine gründliche Reinigung und eventuelle Ausbesserung des Triebwerkes, wobei das ganze Bandsieb abgescheuert und der Boden der Rinne von dem Schlamme, der sich hier allmählich absetzt, befreit wird, findet durchschnittlich alle 5—6 Wochen statt. Nach dieser Zeit müssen in der Regel auch die Bürsten, die sich allmählich abnutzen, durch neue ersetzt werden. Nach der bisherigen Berechnung halten dieselben ca. 540 Arbeitsstunden aus. Ein Bandsieb dürfte etwa 3—4 Jahre aushalten.

Was die bisherige Leistung der beiden Triebwerke betrifft, so hat vom 9. März 1903 bis zum 25. Oktober 1904 Triebwerk I bei 8 Betriebsabschnitten 320 Arbeitstage und Triebwerk II bei 7 Betriebsabschnitten 231 Arbeitstage aufzuweisen.

Zur Bedienung der Kläranlage sind ein Heizer und ein Maschinist

Digitized by Google

angestellt, von denen jedoch im allgemeinen nur einer zur Stelle zu sein braucht, da die Beaufsichtigung des ganzen Betriebes ausserordentlich leicht durchzuführen ist. Bezüglich der Art und Menge der abgefangenen Stoffe zu gewissen Tageszeiten resp. an bestimmten Wochentagen kann von Göttingen im Kleinen dasselbe gesagt werden, was nach Monti für Berlin im Grossen gilt: dass nämlich das periodische Anwachsen und Wiederabnehmen des Unrates zu bestimmten Zeiten nur der äussere Ausdruck der speciellen Zeiteinteilung im Leben der Bevölkerung, der Bewegung der Industrie, der Stundeneinteilung der Märkte, Schlächtereien u. s. w. ist.

Fäkalien kommen im Laufe des Vormittags am meisten an. Sonnabends erreicht die Menge der Abfälle verschiedenster Art in der Regel den Höhepunkt, um am Sonntag, besonders nachmittags, auf ein Minimum zurückzugehen. Ungeheuer ist der Andrang von allem möglichen Unrat nach stärkerem Regenfall, der die sämtlichen Kanäle förmlich auszuwaschen scheint. Schon etwa $^3/_4$ Stunden nach dem Einsetzen eines stärkeren Regens erscheinen unglaubliche Mengen von Heu, Stroh, Blättern, Papier und dergl. in der Kläranlage. Später erst kommen die schwereren Stoffe, Fäkalien, Fleischabfälle u. s. w. an. Während an gewöhnlichen Tagen durchschnittlich 1—2 Kippwagen voll Unrat aus den Abwässern herausbefördert werden, sind nach starkem Regenfall bisweilen in wenigen Stunden 3 und 4 Kippwagen bis oben mit Schwimmstoffen angefüllt. Das Siebband ist dann derartig mit Abfällen bedeckt, dass man von dem eigentlichen Drahtgewebe des Siebes überhaupt nichts mehr sieht. Die auf Geleisen laufenden Kippwagen, welche einen Rauminhalt von 0,60 cbm besitzen und nach erfolgtem Ablaufe des Wassers durchweg 220 kg Abfallstoffe bergen, werden, sobald sie bis zum Rande mit Abfallstoffen angefüllt sind, ausgewechselt, und der Inhalt auf den neben der Reinigungsanstalt befindlichen geräumigen Lagerplatz abgefahren. Hier wird derselbe in eine besondere betonierte Grube geschüttet, wo er mit Torfmüll und Strassenkehricht vermengt wird, um später in landwirtschaftlichen und gärtnerischen Betrieben verwendet werden zu können. Inwieweit die landwirtschaftliche Verwertung der Fäkalien speciell in Göttingen den an sie gestellten Erwartungen entsprechen wird, lässt sich vor der Hand noch nicht mit absoluter Sicherheit sagen. Jedenfalls aber scheint nach den vorläufigen gutachtlichen Aeusserungen des Landesökonomierats Beseler in Weende, auf dessen wissenschaftliche Erörterung (cf. Mitteilungen der Kgl.

Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung, Heft 4. 1904) hier nur kurz hingewiesen werden soll, ein allzugrosser Optimismus nicht am Platze zu sein.

Es fragt sich nun, ob der Reinigungseffekt, der durch die neue Kläranlage erzielt wird, nach Lage der Verhältnisse in Göttingen ausreicht, um hygienische und ästhetische Uebelstände fernzuhalten. Es sei hier nochmals betont, dass vor Einleitung der Fäkalien in die Kanalisation niemals irgendwelche Uebelstände durch die der Leine bereits überlieferten Abwässer ohne die Fäkalien hervorgerufen sind. Es könnten somit nachteilige Folgen nur durch die beiden neu hinzugekommenen Bestandteile der Abwässer, nämlich durch den Harn und Kot, entstehen. Obgleich nun die Hygiene heutzutage kaum noch einen Unterschied zwischen städtischen Abwässern mit und ohne Beimengung der menschlichen Auswurfstoffe macht, und auch in der Ministerialverfügung vom 20. Februar 1901 eine derartige Unterscheidung nicht enthalten ist, wollen wir auf diesen Punkt doch noch speciell eingehen.

Sehen wir von den später noch zu besprechenden Fällen ab, wo durch menschliche Ausscheidungen specifische Krankheitserreger mit in die Kanalisation gelangen, so können wir zunächst bezüglich des Harns hier wiederholen, was Rubner in einer unlängst erschienenen Abhandlung (cf. Arch. f. Hygiene. Bd. 46) über diese wichtige Frage bereits gesagt hat, dass nämlich unter den Bestandteilen, die dem Kanalwasser sich beimengen, der Harn nur eine untergeordnete Rolle spielt, da der Hauptbestandteil desselben, der Harnstoff, bald mit einer Umwandlung in kohlensaures Ammoniak ein vorläufiges Ende seiner Zersetzung findet. Dagegen spielt der Kot nach Ansicht Rubners sowie wohl der meisten Hygieniker überhaupt eine bedeutende Rolle schon als Schwimmstoff, wie denn nach seinem Dafürhalten von allen Bestandteilen des Kanalwassers die Schwimm- und Schwebestoffe diejenigen sind, auf welche bei den Fragen der Abwässerbehandlung in erster Linie Rücksicht zu nehmen ist, da dieselben dem Schmutzwasser das charakteristische Gepräge geben. Diesen Schwimmstoffen kommt überdies nach den Untersuchungen von Spitta (cf. Arch. f. Hyg. Bd. 38) insofern eine besondere Bedeutung zu, als an der Oberfläche derselben durchweg eine grosse Menge von Bakterien haftet, die unter Umständen die Hälfte der in der Flüssigkeit überhaupt vorhandenen Keimzahl ausmacht. Spitta fand beispielsweise bei einem Versuch, dass eine bestimmte Menge Schwebe-

stoffe rund 100 mal soviel Keime enthielt, wie die gleiche Gewichtsmenge Wasser. Diese Tatsache verleiht den Schwimmkörpern also eine hervorragende Bedeutung als Bakterientransportmittel, und aus einer Verminderung der Schwimmstoffe wird notwendigerweise auch eine entsprechende Minderung der nach dieser Richtung hin bestehenden sanitären Uebelstände resultieren. Es wird also zur Beantwortung der Frage, ob der durch die neue Kläranlage in Göttingen erzielte Reinigungseffekt vom hygienischen Standpunkte aus genügt, in erster Linie notwendig sein zu untersuchen, ob durch ein Bandsieb von 5 mm Maschenweite, wie es in der Göttinger Anlage zur Verwendung kommt, das Gros der Schwimmstoffe auch wirklich beseitigt wird.

Nach den Versuchen, die Monti mit einem aus 5 Sieben bestehenden Siebsatz von 7. 4, 2. 1 und 0,5 mm angestellt hat, fasste das Sieb von 7 mm ausschliesslich Fäkalien und grössere pflanzenartige Fragmente. Sieb 4 und 2 mm fassten Blätter, Pflanzen, Pflanzensamen etc. Diese und weitere Versuche, welche nicht unbedingt zu Gunsten der mechanischen Reinigungsmethoden ausfielen, sind aber, wie Monti selbst zugibt, und wie beispielsweise auch die mit den Rienschschen Apparaten in Marburg erzielten Resultate beweisen, nicht massgebend für die Praxis. Hier sind die Resultate durchweg günstigere.

Wie ist nun dieser Widerspruch zu erklären? Die Erklärung finden wir darin, dass diejenigen Schwebestoffe, welche überhaupt zu hygienischen und ästhetischen Missständen führen können, erfahrungsgemäss durchweg erheblich grösser sind, als die Maschen eines Siebbandes, wie es beispielsweise in der Kläranlage in Göttingen zur Verwendung kommt. Indessen wollen wir dies cum grano salis gesagt haben, denn von anderer Seite wird behauptet, dass 50 % der Schwebestoffe und darüber ein Sieb von 5 mm Durchmesser ungehindert passieren. Da müssen also örtlich-individuelle Unterschiede vorhanden sein, mit anderen Worten, die Schwebestoffe, welche ursprünglich, d. h. beim Eintritt in die Kanalisation, hier wie dort vielleicht von annähernd gleicher Form und Grösse waren, brauchen dies durchaus nicht mehr zu sein bei der Ankunft in der Kläranlage. Während hier vielleicht ein Sieb von 5 mm Maschenweite die Schwebestoffe in toto auffängt, passieren sie dort, weil bereits in kleine Teile aufgelöst, das Sieb fast vollständig. Hier liegt auch der Schlüssel zum Verständnis für die eigentümliche Tatsache, dass die Anschauungen darüber, bis zu welcher Grösse die Schwebestoffe un-

Digitized by Google

bedingt aus den Abwässern zu entfernen seien, vielfach noch weit auseinandergehen. Sie müssen auseinandergehen, da ja die Anforderungen, die an eine Reinigungsanlage zu stellen sind, abgesehen von den Vorflutverhältnissen, auch danach bemessen werden müssen, ob die Schwimmstoffe im allgemeinen als kompakte, leicht auffangbare Gegenstände in der Reinigungsanlage ankommen, oder aber ob sie auf dem Wege dorthin bereits derart maceriert sind, dass sie nur noch von ganz feinmaschigen Sieben aufgefangen werden können, jedenfalls aber ein Siebband von 5 mm Maschenweite ohne weiteres passieren würden.

So ist z. B. Monti bei der Untersuchung des Berliner Sielwassers zu dem Resultat gekommen, dass dasselbe grössere, kompakte Schwimmstoffe nur in spärlicher Menge enthält, während solche im Zustande erheblicher Maceration oder völliger Auflösung bei weitem das Uebergewicht haben. Da kann es denn auch nicht Wunder nehmen, wenn behördlicherseits für die Reinigung derartiger Abwässer ganz andere, subtilere Methoden vorgeschrieben werden, als für die Reinigung von Abwässern, bei denen das Verhältnis zwischen kompakten und gelösten Substanzen umgekehrt ist, und Monti betont mit Recht, dass die verschiedenen Methoden der Abwässerreinigung in einzelnen Städten auch ein Ausdruck für die verschiedenen Bedürfnisse hinsichtlich des Reinigungseffektes seien.

Wenn daher in Göttingen die Reinigung der Abwässer an verhältnismässig einfache Bedingungen geknüpft worden ist, so sollte damit eben die Tatsache zum Ausdruck gebracht werden, dass hier die Menge der kompakten, leicht auffangbaren Schwimmstoffe die der gelösten bei weitem übertrifft. Hiervon kann man sich leicht überzeugen, wenn man die in der Reinigungsanlage ankommenden und vom Siebband aufgefangenen Schwimmstoffe häufiger zu beobachten Gelegenheit gehabt hat oder grössere Mengen der Abwässer, nachdem dieselben das Bandsieb passiert haben, auf macerierte Teile untersucht. Insbesondere sieht man die exkrementellen Stoffe durchweg in unzerkleinertem Zustande in die Kläranlage kommen, sodass sie mit absoluter Sicherheit von dem Siebband aufgefangen werden. Die Gründe hierfür sind in verschiedenen Momenten zu suchen. Zunächst in den günstigen Kanalisationsverhältnissen. Göttingen besitzt eine ganz moderne Kanalisation mit teilweisem Trennsystem, und zwar nehmen die unterirdischen Kanäle ausser den Schmutzwässern nur

die Meteorwässer von den gepflasterten Höfen und von den Dachflächen der Häuser auf, während die anderen Meteorwässer grösstenteils oberirdisch durch Rinnsteine den offenen, die Stadt durchziehenden Wasserläufen zufliessen. Die Kanalquerschnitte sind so bemessen, dass jedes Hektar bebauter Fläche in der Sekunde 50 Liter, d. i. in der Stunde 180 000 Liter mindestens abführen kann. Es entspricht dies der Wassermenge, welche am 1. Juli 1886 gelegentlich eines gewaltigen Wolkenbruchs niederkam. Bei allen grösseren Kanälen sind eiförmige Profile aus Cementbeton verwandt, durch die bei besserem Zusammenhalt des Wassers eine höhere Wasserschicht und somit auch eine zuverlässigere Fortschaffung der Schwimmstoffe gewährleistet wird. Alle 40—60 m befinden sich Revisionsschächte, deren Sohle im Profil des Kanals angelegt ist, wodurch Ablagerungen von Sinkstoffen verhütet werden. Zum Spülen dienen in den Revisionsschächten liegende Hähne der Wasserleitung, deren Wasser durch Aufstauen und plötzliches Laufenlassen wirkt. Ferner das aus dem sog. Feuerteich und dem Leinekanal nach einem 5—6 wöchigen Turnus die Kanäle durchströmende Wasser.

Während so durch eine regelmässige Spülung der Kanäle dafür gesorgt ist, dass die Schwimmstoffe möglichst ohne längeren Aufenthalt im Innern derselben der Kläranlage zugeführt werden, werden sie andererseits dank den günstigen Verhältnissen bezüglich des Gefälles der einzelnen Kanäle wiederum vor einem frühzeitigen Zerfall bewahrt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass eine Maceration der verschiedenen Abfallstoffe, die ja durchweg schon in einem Stadium beginnender Zersetzung in die Kanäle gelangen, ausser durch längeres Verweilen im Innern derselben hauptsächlich herbeigeführt wird durch die Reibung, welcher die Schwimmstoffe während ihres Aufenthaltes in dem fliessenden Kanalwasser ausgesetzt sind, und die um so grösser sein wird, je stärker das Gefälle der Kanäle ist. Dass aber in Göttingen die Gefahr einer vorzeitigen Maceration der Schwimmstoffe durch zu starke Strömung innerhalb der Kanäle nicht vorliegt, dürfte folgende Uebersicht über das Gefälle der Hauptkanäle der Stadt ergeben:

Untere Waschstrasse . .	1 : 400
Obere „ . .	1 : 650
Gronerstrasse	1 : 500 bis 1 : 800
Prinzenstrasse	1 : 600
Jüdenstrasse	1 : 400

Weenderstrasse . . .	1 : 500 bis 1 : 900
Kanal der südl. Vorstadt	1 : 1000
Hauptkanal	1 : 1600.

Vor allen Dingen ist es für Göttingen von grossem Wert, dass der Sammelkanal, welcher die Schwimmstoffe aus sämtlichen Kanälen mit Ausnahme derjenigen des südlichen Stadtteiles der Kläranlage zuführt, ein natürliches und doch sehr geringes Gefälle besitzt, ein Vorzug, der Göttingen — im Gegensatz zu mancher anderen Stadt — nicht nur der Notwendigkeit enthebt, durch besondere Pumpvorrichtungen eine künstliche Hebung der Abwässer zu bewerkstelligen, sondern zweifellos auch am meisten dazu beiträgt, dass die Schwimmstoffe durchweg ihre kompakte Form behalten und bei der geringen Geschwindigkeit, mit der sie auf das Siebband gelangen, auch hierbei keine Zertrümmerung erleiden. Nach der Stromgeschwindigkeitsmessung, die ich mit dem Woltmannschen Flügel vorgenommen habe, durchfliesst das Sielwasser die Kläranlage mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich nur 0,6 m in der Sekunde. Endlich fällt zu Gunsten der Göttinger Kläranlage noch die geringe Entfernung derselben von der Stadt ins Gewicht.

Es leuchtet ohne Weiteres ein, dass, je weiter der Ort der Einleitung der Schwimmstoffe in die Kanalisation von der Kläranlage entfernt ist, um so mehr die Zersetzung und Auflösung derselben bereits vor Ankunft in der Kläranlage sich vollzogen haben wird, sodass schliesslich nur noch ein ganz geringer Prozentsatz der Abfallstoffe unzerkleinert dort ankommen und abgefangen werden kann. Diese Gefahr ist in Göttingen bei der geringen Entfernung der Kläranlage von der Stadt und bei der dementsprechend kurzen Zeit, welche die Schwimmstoffe bis zur Ankunft in der Kläranlage gebrauchen, kaum vorhanden. Nach Versuchen, die ich mit Korken, Holzstücken u. dgl. angestellt habe, bedurften diese Gegenstände, wenn sie beispielsweise in das Spülklosett des hygienischen Instituts geworfen wurden, nur 1 Std. 20 Min. bis zur Ankunft in der Kläranlage, vorausgesetzt, dass die Schwimmstoffe durch Anwesenheit einer genügenden Menge Sielwassers zuverlässig weiterbefördert wurden — ein Moment, auf dessen Wichtigkeit bereits hingewiesen wurde. Die vom Schlachthof der Kanalisation überlieferten Abfälle gelangen im allgemeinen in 40—50 Min. in die Kläranlage, dürften hier also ebenfalls in verhältnismässig wenig zersetztem Zustande und in durchweg kompakter Form ankommen. Endlich sei hier noch erwähnt, dass

nach der Ansicht Fischers die Klärung der Fäkalien sehr begünstigt wird durch den hohen Gehalt des Göttinger Wassers an Kalk.

Allen diesen Faktoren ist es denn auch zu danken, dass die Beschaffenheit der Abwässer in Göttingen auch nach Einleitung der Fäkalien in die Kanalisation eine ungünstige Veränderung in keiner Weise erlitten hat und voraussichtlich auch nach Anschluss weiterer Grundstücke nicht erleiden wird, da die neue Kläranlage imstande ist, die Abgänge der Stadt auch bei einer Vermehrung der Einwohner um weitere 10—15 Tausend mit Sicherheit zu beseitigen. Dagegen ist eine erhebliche Verminderung des Trockenrückstandes in den Abwässern, welche das Siebband passiert haben, gegenüber den noch nicht gereinigten zu konstatieren. Bezüglich des O-Verbrauches war ein Unterschied zwischen den Abwässern vor und nach der Reinigung nur in Spuren nachzuweisen. Noch weniger konnte bei der Einfachheit des Reinigungsverfahrens natürlich von einem chemisch nachweisbaren Kläreffekt die Rede sein.

Das Kanalwasser enthielt in 1 Liter:

	vor der Reinigung	nach der Reinigung
Gesamtrückstand	1250	130
$KMnO_4$ . . .	86	85
Chlor	104	104
Salpetersäure .	6	6
Ammoniak . .	sehr starke Reakt.	ebenso
Salpetrigsäure .	fehlt	fehlt

Es fragt sich nun, ob die Einleitung der Fäkalien in die Kanalisation nicht vom epidemiologischen Standpunkte aus zu verwerfen bezw. ob nicht eine dauernde Desinfektion der Abwässer vor Einleitung derselben in die Leine erforderlich sei, um die Verschleppung von Krankheitskeimen zu verhindern. Diese Frage kann aus verschiedenen Gründen mit gutem Gewissen verneint werden. Zunächst wird die Gefahr einer Verschleppung von Infektionskrankheiten durch pathogene Keime, wenn solche mit den Fäkalien in die Leine gelangen, schon deshalb keine allzugrosse sein können, weil kaum eine Gelegenheit zur Infektion gegeben ist: zu Trinkzwecken wird das Wasser von den Unterliegern bis auf viele Kilometer weit nicht benutzt, eine Schiffsbevölkerung gibt es nicht auf der Leine, die Badeanstalten, welche eventuell zu Schluckinfektionen Anlass geben könnten, liegen weit oberhalb des Einlasses der Abwässer. Aber ab-

gesehen davon ist durch die strenge Durchführung der Zwangsdesinfektion, wie sie in Göttingen bei ansteckenden Krankheiten besteht, schon eine ziemlich sichere Garantie dafür gegeben, dass pathogene Keime im allgemeinen nur in ganz geringer Anzahl in noch virulentem Zustande in die Leine gelangen werden. Dazu kommt, dass das bei weitem grössere Kontingent speciell von Typhuskranken, mit deren Dejektionen wohl am meisten gerechnet werden muss, in den Kliniken untergebracht zu werden pflegt, wo die gesamten Abwässer ohnehin desinficiert werden. Es dürfte somit die Gefahr einer Verschleppung von ansteckenden Krankheiten durch die Einleitung der Fäkalien in die Kanalisation in der Tat sich auf ein Minimum reducieren, mit welchem in praxi nicht gerechnet zu werden braucht[1], und so ist denn auch eine Uebertragung von ansteckenden Krankheiten durch inficiertes Leinewasser bisher noch niemals beobachtet worden.

Dass auch dem unter 5 der Grundsätze der Ministerialverfügung als wesentlich bezeichneten Momente, dass nämlich die Schmutzwässer bei Wasserläufen nicht in stilles, sondern in strömendes Wasser eingeleitet werden, vollauf Rechnung getragen ist, möge hier beiläufig noch erwähnt werden. Der Auslass des Sammelkanals in die Leine ist an eine Stelle gelegt worden, wo letztere nach den von mir mit dem Woltmannschen Flügel wiederholt vorgenommenen Messungen eine Stromgeschwindigkeit von fast 1 m in der Sekunde hat, wodurch eine verhältnismässig schnelle Vermischung der Abwässer mit dem Flusswasser gewährleistet wird.

Auf Grund aller dieser Untersuchungen und Erwägungen glauben wir zur Aufstellung folgender Schlusssätze berechtigt zu sein:

1. Nach Lage der Verhältnisse genügt es für Göttingen, dass die Abwässer vor ihrer Einleitung in die Leine von allen mehr als 0,5 cm im Umfang betragenden Schwimmstoffen befreit werden.

2. Die zu diesem Zwecke errichtete Kläranlage, in ihrer Art eine Versuchsanlage, erfüllt obige Bedingungen in ausgezeichneter Weise. Die Art der Abfangung der Schwimmstoffe sowie der Weiterbeförderung

1) Die Stellung der Aufsichtsbehörden ist nach den uns zugängigen Entscheidungen bis jetzt die gewesen, dass auch in solchen Fällen wie dem vorliegenden an der Forderung festgehalten worden ist, für Zeiten von Epidemien Einrichtungen zu einer Gesamtdesinfektion der Wässer vorzusehen.

Die Redaktion.

Digitized by Google

in die Kippwagen ist als eine sehr ingeniöse zu bezeichnen, und der gewünschte Kläreffekt wird in vorzüglicher Weise erreicht. Sicherheit des Betriebes und leichte Durchführbarkeit der Beaufsichtigung sind besondere Vorzüge der neuen Anlage.

3. Die Gefahr einer Verschleppung von Krankheitskeimen durch die Einleitung der Fäkalien in die Kanalisation wird durch die in Göttingen bestehende Zwangsdesinfektion und die örtlichen Verhältnisse des weiteren Verlaufs der Leine auf ein Minimum reduciert und kommt praktisch nicht in Betracht.

4. Die Errichtung der Kläranlage bedeutet einen entschiedenen Fortschritt gegen früher insofern, als durch sie viele Abfallstoffe, die bisher ungehindert in die Leine gelangten, abgefangen werden.

5. Nach Errichtung der bereits projektierten zweiten Reinigungsanlage an der Groner Chaussee wird auch die Einleitung der Fäkalien aus den südlichen Stadtteilen in die Kanalisation ohne hygienische und ästhetische Bedenken erfolgen können.

Am Schlusse meiner Arbeit ist es mir ein Bedürfnis, Herrn Prof. von Esmarch für die Anregung zu derselben sowie Herrn Stadtbaumeister Jenner für seine freundliche Unterstützung in bautechnischen Fragen meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Literatur.

1. Schmidtmann, Rückblick auf den Stand der Städteassanierung. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. Suppl. 1900.
2. Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung zu Berlin. H. 2: Geusen u. Loock, Beitrag zur mechan. Reinigung von Kanalwasser. Bemerkungen zur Kanalisation von Düsseldorf.
3. Arbeiten aus dem kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. XX. H. 2. 1903. Gutachten des Reichsgesundheitsamtes über die Einleitung der Mannheimer Kanalwässer in den Rhein.
4. Daselbst, Gutachten des Reichsgesundheitsamtes über die Einleitung der Abwässer Dresdens in die Elbe.
5. Rubner, Das städtische Sielwasser und seine Beziehungen zur Flussverunreinigung. Arch. f. Hyg. Bd. 46.
6. Spitta, Untersuchungen über Verunreinigung u. Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hyg. Bd. 38.

7. Monti, Ueber die Schwimm- und Schwebestoffe des Berliner Sielwassers. Arch. f. Hyg. Bd. 38.
8. Jürgens, Dissert. med. Göttingen. 1900. Ueber die in der Stadt Göttingen vom 1. 4. 1877 bis 1. 4. 1900 beobachteten Fälle von Typhus abdominalis.
9. Akten des Archivs und des Rathauses Göttingen.
10. Schneider, Diss. med. Göttingen. 1903. Die hygien. Verhältnisse Göttingens einst und jetzt.
11. Erörterung über die Zweckmässigkeit einer Düngung der Aecker und Wiesen des Klostergutes Weende mit Wasserfäkalien der Stadt Göttingon von Landes-Oekonomierat Beseler. Mitteil. d. Kgl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung. H. 4. 1904.

5.

Nachtrag zur Arbeit des Herrn Stadtbaurats Steuernagel „Die Probekläranlage zu Cöln-Niehl und die daselbst angestellten Untersuchungen und erzielten Ergebnisse“ in Heft 4 dieser „Mitteilungen“.

In der genannten Veröffentlichung ist versehentlich die Schlusstabelle, welche die Resultate der Versuche übersichtlich zusammengestellt wiedergibt, nicht zum Abdruck gelangt. Wir lassen sie deshalb nachstehend folgen.

Die Redaktion.

Digitized by Google

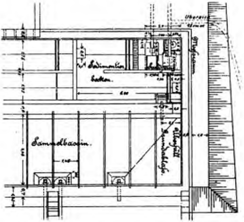
Druck von L. Schumacher in Berlin N. 24.

1. …kt …den	2. mitAbzug d. Nacht-stunden %
…7.	38.
3	72,7
47	76,30
09	68,93
14	77,98
40	74,54
13	69,59
42	73,42
43	74,73
07	65,96
79	73,87
02	76,79
95	75,34
82	76,09
86	76,11
88	68,48
16	67,16
85	64,55
47	68,99
90	72,31

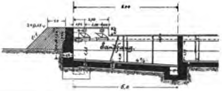
Digitized by Google

Sedimentierraum
für die mechanische Abwasser-Vorreinigung

Lageplan.



Schnitt a-b.



245

Städt. Tiefbauamt.

Digitized by Google

Mitteilungen

aus der

Königlichen Prüfungsanstalt

für

Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung

zu Berlin.

Herausgegeben

von

Dr. A. Schmidtmann,
Prof., Geh. Ober-Med.- u. vortr. Rat im Kgl. Preuss. Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, Anstaltsleiter.

und

Dr. Carl Günther,
Geh. Med.-Rat, a. o. Professor der Hygiene an der Universität, Anstaltsvorsteher.

Heft 5.

Mit 10 Tafeln.

BERLIN. 1905.
VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD
NW. UNTER DEN LINDEN 68.

Verlag von **August Hirschwald** in Berlin.

Durch jede Buchhandlung zu beziehen:

Vierteljahrsschrift
für
gerichtliche Medizin und öffentliches Sanitätswesen.

Unter Mitwirkung der Königl. wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen im Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten

herausgegeben von

Dr. **A. L. Schmidtmann**, und Dr. **Fritz Strassmann**,

Prof., Geh. Ober-Med.- u. vortragender Rat im Kgl. Preussischen Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten. — a. o. Professor, [illegible] Direktor der Kgl. Unterrichtsanstalt für Staatsarzneikunde zu Berlin.

à Jahrgang von 2 Bänden oder 4 Heften 14 Mark.

Hygienische Rundschau.

Herausgegeben von

Dr. **C. Fraenkel**, Prof. der Hygiene in Halle. — Dr. **M. Rubner**, Prof. d. Hygiene in Berlin. — Dr. **C. Günther**, Professor in Berlin.

Monatlich zwei Nummern. Abonnementspreis halbjährlich 14 Mark.

Mitteilungen
aus der
Königlichen Prüfungsanstalt
für
Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung
zu Berlin.

Herausgegeben von

Dr. **A. Schmidtmann**, und Dr. **Carl Günther**.

Prof., Geh. Ober-Med.- und vortr. Rat im Ministerium, Anstaltsleiter. — a. o. Professor der Hygiene an der [illegible]

Heft 1. gr. 8. 1902. 4 M.

Heft 2. Mit 4 Tafeln, 1 Stadtplan, 1 Karte und 3 Tabellen. 1903. [illegible]

Heft 3. Die Abwasserreinigung in England dargestellt auf Grund der in der Zeit vom 23. Januar bis 15. Februar 1903 ausgeführten Besichtigungen. Von **A. Bredtschneider** (Stadtbaurat) und Dr. **K. Thumm**. Mit [illegible] photographischen Tafeln. 12 M.

Heft 4. 1. Die Probekläranlage zu Cöln-Niehl und die daselbst angestellten Untersuchungen und erzielten Ergebnisse. Von [illegible] **Steuernagel** (Cöln). — 2. Die Abwasser-Flora und -Fauna einiger Rieselanlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer. Von Prof. Dr. **M. Marsson** (Berlin). — 3. Erfahrungen über die Zweckmässigkeit einer Düngung der Aecker und Wiesen des Stadtgutes Weende mit Wasserfäkalien der Stadt Göttingen. Von Landes-Oekonomierat **Beseler** (Weende). — 4. Beitrag zur Frage der Desinfektionswirkung des Ozons. Von Privatdozenten Dr. **Oscar Spitta** ([illegible]). Mit 11 Tafeln. 1904. 7 M.

Digitized by Google

Verlag von **August Hirschwald** in Berlin.

Bibliothek von Coler-Schjerning.

1. **Kübler,** Geschichte der Pocken und der Impfung. Mit 12 Abb. und 1 Taf. 1901. 8 M.
2. **E. von Behring,** Diphtherie. (Begriffsbestimmung, Zustandekommen, Erkennung und Verhütung.) Mit 2 Abbildungen im Text. 1901. 5 M.
3. **Buttersack,** Nichtarzneiliche Therapie innerer Krankheiten. Skizzen für physiologisch-denkende Aerzte. Mit 8 Abbildungen im Text. Zweite Aufl. 1903. 4 M. 50 Pf.
4. **Trautmann,** Leitfaden für Operationen am Gehörorgan. Mit 27 Abbildungen im Text. 1901. 4 M.
5. **Hermann Fischer,** Leitfaden der kriegschirurgischen Operationen. Mit 56 Abbildungen. 1901. 4 M.
6. **N. Zuntz** u. **Schumburg,** Studien zu einer Physiologie des Marsches. Mit Abbildungen, Curven im Text und 1 Tafel. 8 M.
7. **Alb. Köhler,** Grundriss einer Geschichte der Kriegschirurgie. Mit 21 Abbildungen. 1901. 4 M.
8. **P. Musehold,** Die Pest und ihre Bekämpfung. Mit 4 Lichtdrucktafeln. 1901. 7 M.
9. **H. Jaeger,** Die Cerebrospinalmeningitis als Heeresseuche. In ätiologischer, epidemiologischer, diagnostischer und prophylaktischer Beziehung. Mit 33 Texttaf. 1901. 7 M.
10. **Gerhardt,** Die Therapie der Infectionskrankheiten. In Verbindung mit Stabsarzt Dr. Dorendorf, Oberstabsarzt Prof. Dr. Grawitz, Oberstabsarzt Dr. Hertel, Oberstabsarzt Dr. Ilberg, Oberstabsarzt Dr. Landgraf, Generaloberarzt Prof. Dr. Martius, Stabsarzt Dr. Schulz, Oberstabsarzt Dr. Schultzen, Stabsarzt Dr. Stuertz und Stabsarzt Dr. Widenmann. Mit Curven im Text. 1902. 8 M.
11. **E. Marx,** Die experimentelle Diagnostik, Serumtherapie und Prophylaxe der Infectionskrankheiten. Mit 1 Textfig. u. 2 Taf. 1902. 8 M.
12. **Martens,** Die Verletzungen und Verengerungen der Harnröhre und ihre Behandlung. Auf Grund des König'schen Materials (1875—1900). 8. Mit einem Vorwort von Geh. Rath Prof. Dr. König. 1902. 4 M.
13. **A. Menzer,** Die Aetiologie des acuten Gelenkrheumatismus nebst kritischen Bemerkungen zu seiner Therapie. Mit Vorwort von Geh. Rath Prof. Dr. Senator. Mit 5 Tafeln. 1902. 5 M.
14. **A. Hiller,** Der Hitzschlag auf Märschen. Mit Benutzung der Acten der Medicinal-Abtheilung des Preussischen Kriegsministeriums. Mit 6 Holzschn. und 8 Curven. 1902. 7 M.

15/16. **Sonnenburg** und **Mühsam,** Compendium der Operations- und Verbandstechnik. I. Theil. Mit 150 Textfiguren. 1903. 4 M. — II. Theil. Mit 194 Textabbildungen. 1903. 6 M.

17. **Niedner,** Die Kriegsepidemieen des 19. Jahrhunderts. 1903. 5 M.
18. **Stechow,** Das Röntgen-Verfahren mit besonderer Berücksichtigung der militärischen Verhältnisse. Mit 91 Abb. im Text. 1903. 6 M.
19. **J. Boldt,** Das Trachom als Volks- und Heereskrankheit. 1903. 5 M.
20. **Thel,** Grundsätze über den Bau von Krankenhäusern. Mit 11 Tafeln und 66 Abbildungen im Text. 1905. 6 M.

Druck von L. Schumacher, Berlin N. 24.

Verlag von **August Hirschwald** in Berlin.
(Durch alle Buchhandlungen zu beziehen.)

Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militär-Sanitätswesens. Herausgegeben von der Medicinal-Abtheilung des Königl. preussischen Kriegsministeriums.

4. Heft. Epidemische Erkrankungen an acutem Exanthem mit typhösem Charakter in der Garnison Cosel von Oberstabsarzt Schulte. gr. 8. 1893. 80 Pf.

8. Heft. Die Choleraerkrankungen in der Armee 1892 bis 1893 und die gegen die Cholera in der Armee getroffenen Massnahmen bearbeitet von Stabsarzt Dr. Schumburg. gr. 8. Mit 2 Abb. im Text und 1 Karte. 1894. 2 M.

9. Heft. Untersuchungen über Wasserfilter von Oberstabsarzt Dr. Plagge. gr. 8. Mit 37 Abbildungen. 1895. 5 M.

15. Heft. Beiträge zur Frage der Trinkwasserversorgung von Oberstabsarzt Dr. Plagge und Oberstabsarzt Dr. Schumburg. Mit 1 Tafel und Figuren im Text. 1900. 3 M.

16. Heft. Ueber die subkutanen Verletzungen der Muskeln von Dr. Knaak. 1900. 3 M.

17. Heft. Entstehung, Verhütung und Bekämpfung des Typhus bei den im Felde stehenden Armeen. Bearbeitet in der Medicinal-Abtheilung des Königl.-Preuss. Kriegsministeriums. Zweite Aufl. Mit 1 Taf. 1901. 3 M.

20. Heft. Beobachtungen und Untersuchungen über die Ruhr (Dysenterie). Die Ruhrepidemie auf dem Truppenübungsplatz Döberitz im Jahre 1901 und die Ruhr im Ostasiatischen Expeditionskorps. Zusammengestellt in der Medicinal-Abtheilung des Königl.-Preussischen Kriegsministeriums. Mit Abb. im Text und 8 Taf. 1902. 10 M.

21. Heft. Die Bekämpfung des Typhus. Vortrag, geh. in der Sitzung des wissenschaftlichen Senats bei der Kaiser Wilhelms-Akademie am 28. November 1902 von Geh. Rath Prof. Dr. Robert Koch. gr. 8. 1903. 50 Pf.

Handbuch der Hygiene

von Prof. Dr. **F. Hueppe.**

1899. gr. 8. Mit 210 Abbildungen. 13 Mark.

Digitized by Google

Digitized by Google

OUND IN LIBRA
JUL 15 1912
UNIVERSITY OF MIC
3 9015 06712 4910
Digitized by Google

Digitized by Google